

**REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS FLUJOS DE MATERIALES EN UNA  
EMPRESA DEL SECTOR PLÁSTICO**

**MARIA ALEJANDRA GUERRERO HERNÁNDEZ**

**CAROLINA RUANO ESTRADA**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUCCION**

**INGENIERIA DE PRODUCCION**

**SANTIAGO DE CALI**

**2005**

**REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS FLUJOS DE MATERIALES EN UNA  
EMPRESA DEL SECTOR PLÁSTICO**

**MARIA ALEJANDRA GUERRERO HERNÁNDEZ**

**CAROLINA RUANO ESTRADA**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera de Producción**

**Directora**

**MONICA PATRICIA SARRIA YEPEZ**

**Especialista en sistemas de producción**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUCCION**

**INGENIERIA DE PRODUCCION**

**SANTIAGO DE CALI**

**2005**

**Nota de Aceptación:**

Trabajo de grado aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar el título de Ingeniera de producción

Elver Alfonso Bermeo

Jesús David Castañeda

Jurados

Santiago de Cali, 30 de junio de 2005

Dedico este trabajo con todo mi amor a mis padres José Ignacio y Melba que fueron, son y serán mi gran apoyo y ruterio para salir adelante.

**MARIA ALEJANDRA GUERRERO**

A mi madre por su apoyo incondicional, por creer en mi y por mostrarme el camino que sigo; a mi esposo, con quien lo recorro y a mi hijo cuyo camino le espera.

**CAROLINA RUANO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Las autoras expresan sus agradecimientos a:

Mónica Patricia Sarria Yépez, Especialista en sistemas de producción y Directora de la investigación, por sus valiosas orientaciones, por su constante motivación en este trabajo, su apoyo incondicional, y por los conocimientos entregados a través de los años de docencia en los cuales nos formaron para ejercer dignamente esta profesión.

Gloria Ramírez, Ingeniera Industrial por su apoyo incondicional, sus valiosas orientaciones y por los conocimientos entregados.

## **CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>20</b>
<b>1. TITULO DEL PROYECTO</b>	<b>21</b>
<b>1.1. AREA DONDE SE UBICA EL PROYECTO</b>	<b>21</b>
<b>1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACION</b>	<b>21</b>
<b>1.2.1. Planteamiento del Problema</b>	<b>21</b>
<b>1.2.2. Hipótesis De Trabajo</b>	<b>21</b>
<b>1.3. FUENTES Y TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.</b>	<b>22</b>
<b>1.3.1. Fuentes Primarias</b>	<b>22</b>
<b>1.3.2. Fuentes Secundarias</b>	<b>22</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>24</b>
<b>2.1. OBJETIVO GENERAL</b>	<b>24</b>
<b>2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>24</b>
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	<b>25</b>
<b>3.1. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA</b>	<b>25</b>
<b>3.1.1. Objetivos De La Distribución En Planta</b>	<b>25</b>
<b>3.2. CONSIDERACIONES EN LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA</b>	<b>27</b>

<b>3.3. PRINCIPIOS BÁSICOS QUE SE TENDRÁN EN CUENTA EN EL REDISEÑO DE LA PLANTA</b>	<b>28</b>
3.3.1. Principio De La Integración De Conjunto Ó De Integridad	28
3.3.2. Principio De La Mínima Distancia Recorrida	29
3.3.3. Principio De La Circulación O Flujo De Materiales	29
3.3.4. Principio De La Utilización Del Espacio Cúbico	29
3.3.5. Principio De La Satisfacción Y De La Seguridad	29
3.3.6. Principio De La Flexibilidad	29
<b>3.4. TIPOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA (D.P.)</b>	<b>30</b>
3.4.1. Distribución basada en el producto	30
3.4.2. Distribución por posición fija	31
3.4.3. Distribuciones híbridas	31
3.4.4. Distribución basada en el proceso	32
3.4.5. Caracterización de los tipos de distribución en planta	33
<b>3.5. PRINCIPIOS BÁSICOS QUE SE TUVIERON EN CUENTA EN EL REDISEÑO DE LA PLANTA</b>	<b>34</b>
3.5.1. Principio de la integración de conjunto ó de integridad	34
3.5.2. Principio de la mínima distancia recorrida	34
3.5.3. Principio de la circulación o flujo de materiales	34
3.5.4. Principio de la utilización del espacio cúbico	34
3.5.5. Principio de la satisfacción y de la seguridad	35
3.5.6. Principio de la flexibilidad	35

<b>3.6. TÉCNICA UTILIZADA PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE REDISTRIBUCIÓN EN PLANTA</b>	<b>35</b>
<b>3.6.1. Método de los eslabones</b>	<b>36</b>
<b>3.7. SIMULACIÓN DE PROCESOS CON PROMODEL</b>	<b>37</b>
<b>3.7.1. Para qué usar simulación</b>	<b>37</b>
<b>3.7.2. Beneficios</b>	<b>38</b>
<b>3.7.3. Acerca de ProModel</b>	<b>38</b>
<b>3.8. METODOLOGÍA APLICADA EN EL PROCESO DE SIMULACIÓN</b>	<b>39</b>
<b>4. DIAGNOSTICO</b>	<b>48</b>
<b>4.1. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL A TRAVÉS DE ENTREVISTAS Y DE OBSERVACIÓN DIRECTA</b>	<b>48</b>
<b>4.2. SIMULACIÓN DE LOS PROCESOS ACTUALES</b>	<b>49</b>
<b>4.2.1. Análisis estadístico de los datos entregados por la empresa</b>	<b>49</b>
<b>4.2.1.1. Rendimientos Para El Área De Extrusión</b>	<b>50</b>
<b>4.2.1.2. Termoformado de alta</b>	<b>55</b>
<b>4.2.1.3. Termoformadoras RDKP</b>	<b>56</b>
<b>4.2.1.4. Termoformado de baja</b>	<b>58</b>
<b>4.2.1.5. Troqueladoras Krausser</b>	<b>60</b>
<b>4.2.1.6. Impresión</b>	<b>62</b>
<b>4.2.2. Validación del modelo</b>	<b>65</b>
<b>4.2.2.1. Extrusión</b>	<b>65</b>
<b>4.2.2.2. Termoformadoras de alta</b>	<b>66</b>
<b>4.2.2.3. Impresión</b>	<b>69</b>



4.2.2.4. Termoformadoras RDKP	71
4.2.3. Simulación de una semana de trabajo	72
4.2.3.1. Impresión	72
4.2.3.2. Termoformadoras de alta	73
4.2.3.3. Extrusión	74
4.2.3.4. Termoformadoras RDKP	74
4.2.3.5. Termoformadoras De Baja	75
4.2.3.6. Troqueladoras Krausser	76
5. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO	77
5.1. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	77
5.1.1. Análisis de factores de distribución	78
5.1.2. Análisis de recorridos utilizando el método de eslabones	80
5.1.3. Alternativas de redistribución en planta	84
5.1.3.1. Análisis de recorridos para las diferentes alternativas	84
5.1.3.2. Determinación del arreglo físico final	86
5.1.4. Análisis de la alternativa que arrojó mejores resultados	88
5.2. SIMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO	92
5.2.1. Simulación de diferentes valores de inv. de la empresa actual	92
5.2.2. Simulación del conjunto con la llegada de la nueva empresa	95
5.3. PLANEACIÓN	96
5.4. MANEJO DE INFORMACIÓN	97
CONCLUSIONES GENERALES DEL PROYECTO	98

**BIBLIOGRAFÍA**

**99**

**ANEXOS**

**100**

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Ventajas e inconvenientes distribución basada en el producto	30
Tabla 2: Ventajas e inconvenientes de la distribución híbrida	32
Tabla 3: Ventajas e inconvenientes distribución basada en el proceso	32
Tabla 4: Características de los tipos de distribución en planta	33
Tabla 5: Análisis Estadístico Rendimiento Extrusora 1501 con PS	50
Tabla 6: Estadística Descriptiva Rendimiento Extrusora 1501 con PP	51
Tabla 7: Rendimiento esperado Extrusora 2501	52
Tabla 8: Estadística Descriptiva Rendimiento Extrusora 1502 con PS	53
Tabla 9: Estadística Descriptiva Rendimiento Extrusora 1502 con PP	54
Tabla 10: Rendimiento esperado Extrusora 2501	54
Tabla 11: Análisis estadístico del rendimiento de un producto de peso 28gr.	55
Tabla 12: Análisis estadístico del rendimiento de un producto de peso 9.4 gr	56
Tabla 13: Rendimiento horas gramo termoformadora RDKP	57
Tabla 14: Rendimientos esperados en las termoformadoras RDKP	57
Tabla 15: Relación entre peso y rendimiento para la maquina 22925	58

<b>Tabla 16: Función Normal para la máquina 22925</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 17: Rendimiento esperado para cada peso procesado en la máquina 22925</b>	<b>60</b>
<b>Tabla 18: Láminas procesadas por minuto_5988</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 19: Rendimientos de las máquinas KRAUSS</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 20: Rendimiento esperado KRAUSS 5988</b>	<b>62</b>
<b>Tabla 21: Rendimiento de la máquina 1553 para un peso de 7.7 gramos</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 22: Rendimiento esperado en cajas / día en la máquina 1553</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 23: Inventario final de bodega de lámina en 24 horas de simulación</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 24: Valor final Inventario de Laminas. PROMODEL</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 25: Producción promedio Termoformado de alta en 24 h de simulación</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 26: Producción promedio Impresión en 24 horas de simulación</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 27: Producción promedio Termoformado RDKP en 24 h de simulación</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 28: Producción promedio Impresión en 154 horas de simulación</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 29: Producción promedio Termoformado de alta en 154 h de simulación</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 30: Producción promedio Extrusión en 154 horas de simulación</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 31: Producción promedio Termoformado RDKP en 154 h de simulación</b>	<b>74</b>

<b>Tabla 32: Producción promedio Termoformado de baja 154 h de simulación</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 33: Producción promedio troqueladoras Krausser 154 h de simulación</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 34: Secuencia de elaboración de los diferentes productos</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 35: Frecuencia de aparición de eslabones</b>	<b>83</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Tipos de circulación Horizontal más comunes	27
Figura 2. Pasos para realizar una simulación	40
Figura 3. Proyecto por etapas	44
Figura 4. Rendimiento Extrusora 1501 fabricando PS	50
Figura 5. Rendimiento Extrusora 1501 fabricando PP	51
Figura 6. Rendimiento Extrusora 1502 fabricando PS	52
Figura 7. Rendimiento Extrusora 1502 fabricando PP	53
Figura 8. Relación entre peso y Rendimiento para las RDKP	56
Figura 9. Relación entre peso y Rendimiento para la máquina 22925	59
Figura 10. Pliegos por minuto Vs. Número de Cavidades_5988	60
Figura 11. Relación entre peso y rendimiento para una impresora	63
Figura 12. Rendimiento minutos/gr. para una máquina Impresora	63
Figura 13. Capacidad usada de las termoformadoras de alta	67
Figura 14. Capacidad usada por las impresoras	70
Figura 15. Arreglo esquemático de talleres, opción 1	87
Figura 16. Arreglo esquemático de talleres, opción 2	87
Figura 17. Arreglo esquemático de talleres, actual	87
Figura 18. Patrón de almacenamiento sugerido para despachos	89

<b>Figura 19. Patrón de almacenamiento sugerido para la bodega de producto en blanco</b>	<b>89</b>
<b>Figura 20. Bosquejo de la ubicación en bodega de MP para los Remolidos</b>	<b>90</b>
<b>Figura 21. Propuesta de mejoramiento</b>	<b>96</b>
<b>Figura 22. Procedimiento sugerido para verificación de materiales</b>	<b>97</b>

## **LISTA DE ANEXOS**

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 1. Cálculo de almacenamiento necesario en despacho</b>	<b>100</b>
<b>Anexo 2. Rendimientos para termoformado de alta</b>	<b>102</b>
<b>Anexo 3. Rendimientos por peso de las termoformadoras RDKP</b>	<b>108</b>
<b>Anexo 4. Rendimiento promedio de las termoformadoras de baja</b>	<b>111</b>
<b>Anexo 5. Rendimiento esperado termoformadora KRAUSSER 6804</b>	<b>113</b>
<b>Anexo 6. Rendimiento de las maquinas impresoras</b>	<b>114</b>
<b>Anexo 7. Rendimiento esperado de las maquinas Impresoras</b>	<b>120</b>
<b>Anexo 8. Resultado reducción de inventarios en bodega de lámina</b>	<b>122</b>
<b>Anexo 9. Nivel de producción de las termoformadoras reduciendo el inventario de la bodega de lamina</b>	<b>130</b>
<b>Anexo 10. Comportamiento del inventario final en bodega de lamina</b>	<b>134</b>
<b>Anexo 11. Análisis nivel inventarios en bodega de producto en blanco</b>	<b>135</b>
<b>Anexo 12. Nivel de producción de las impresoras reduciendo el inventario de la bodega de producto en blanco</b>	<b>145</b>



## **RESUMEN**

La distribución en planta trata básicamente de decidir cuál es la mejor disposición de los puestos de trabajo, de manera que se reduzcan las distancias que hay que recorrer y que el coste de manipulación de materiales resulte mínimo.

Una vez dispuesta una orientación sobre el espacio necesario para cada sección, procedimos a realizar la distribución de la planta. Para ello nos basamos en una serie de criterios que, según los casos, pueden ser cuantitativos o cualitativos, el método que más se acomoda a las exigencias de la planta y por ende se utilizó, fue el método de los eslabones.

Otro recurso utilizado para resolver el problema de distribución fue la simulación mediante la utilización del software ProModel que es una herramienta de análisis de sistemas complejos, que permite generar desde ahorros considerables de dinero hasta el mejoramiento de la planeación y control de los sistemas productivos, pasando por muchas restricciones reales del sistema.

Es una técnica de modelaje matemático, mediante la cual se construye un modelo del proceso de estudio, con el fin de entender la interacción de los componentes

del sistema y evaluar diferentes alternativas de configuración para el mejoramiento de su desempeño.

Es una representación ficticia de la situación real de una empresa, que se experimenta mediante modelos que son abstracciones de la realidad; cuanto mayor sea el grado de aproximación de la simulación a la realidad, mayor será su utilidad.

**Desarrollo de la propuesta:** debido a los cambios paulatinos presentados en la compañía se hizo necesario realizar catorce propuestas de distribución en planta hasta poder llegar finalmente a una que satisficiera todos los requerimientos del proceso.

Las nuevas alternativas se concibieron pensando en la posibilidad de que en un futuro cercano las dos compañías productoras de artículos plásticos quedaran juntas.

Los parámetros a considerar para la distribución en planta son los principios básicos de la integración, mínima distancia recorrida, circulación de flujos de materiales, utilización de espacio cúbico, seguridad y flexibilidad; además del método de eslabones que se utiliza para generar las diferentes alternativas trabajadas.

Para llevar a cabo todo el proceso de distribución fue necesario hacer un minucioso estudio de las diferentes áreas y procesos teniendo en cuenta la cantidad de: materia prima, producto en proceso y producto terminado.

En la realización de la distribución en planta se siguieron modelos y técnicas propias para lograr una eficaz y eficiente organización de cada uno de los factores que intervienen en ella y de esta manera optimizar tanto herramientas, como espacio y dinero.

El estudio y posterior desarrollo de la distribución tuvo como base fundamental el análisis de factores de distribución para evitar el impacto negativo de uno de ellos en la nueva distribución. Estos factores son: material, maquinaria, hombre, movimiento – manejo de materiales, espera - almacenamiento, servicio, edificio y cambio.

Para realizar el estudio se seleccionaron cuatro productos representativos que involucran todos los procesos de todas las áreas y con los que se evaluaron las alternativas sugeridas para redistribución.

## **INTRODUCCION**

La presente propuesta sobre optimización de flujos de materiales de una empresa del sector plástico especializada en la fabricación de empaques rígidos, se basa principalmente en el “RE Diseño de la Planta”, buscando que el espacio sea usado del modo más racional posible y la reducción de inventarios con el apoyo del software ProModel; para ello fue necesario un estudio minucioso de elementos claves de la empresa como son:

Producción, número de máquinas, seguimiento de los procesos productivos de los artículos más representativos, recorridos entre las diferentes áreas, para el rediseño de la planta de plásticos, se tiene en cuenta principios básicos de diseño tales como: flexibilidad para diversidad de productos, aprovechamiento del espacio cúbico por el ahorro de área, secuencia productiva, mínima distancia recorrida

## **1. TITULO DEL PROYECTO**

REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS FLUJOS DE MATERIALES EN UNA  
EMPRESA DEL SECTOR PLÁSTICO

### **1.1. ÁREA DONDE SE UBICA EL PROYECTO**

Sector Plástico, especializado en la fabricación de empaques rígidos

### **1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

**1.2.1. Planteamiento Problema.** La empresa motivo de estudio, presenta básicamente problemas de almacenamiento y flujos de materiales generando contraflujos y acumulación de producto terminado y producto en proceso en los pasillos de la planta.

**1.2.2. Hipótesis De Trabajo:** se plantean dos hipótesis principales:

La primera hace referencia a que el área actual de la que se dispone no es suficiente para la inclusión de la nueva empresa con la que se pretende fusionar a

corto plazo y la segunda se refiere a que los inventarios actuales de producto en proceso y producto terminado son demasiados altos.

### **1.3. FUENTES Y TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.**

#### **1.3.1. Fuentes Primarias:**

- **Observación.** De las distintas áreas que conforman a la empresa, para la recolección de información vital para llevar a cabo la investigación.
- **Entrevistas.** Con las distintas personas encargadas de las áreas de la empresa, con el fin de recolectar más información y conocer más a fondo el departamento analizado.
- **Cuestionarios.** Para saber como se perciben las distintas áreas de la empresa.

#### **1.3.2. Fuentes Secundarias:**

- **Textos.** Existentes, sobre distribución en planta, manuales de simulación con el software ProModel.

- **Revistas.** Especializadas en el tema, herramienta importante pues nos muestra información detallada y actualizada sobre el tema de investigación.
- **Documentos.** Existentes sobre el tema de investigación publicados por conocedores del tema, instituciones, universidades, etc.
- **Recursos Informáticos y Bases de Datos.** El Internet como herramienta de investigación.
- **Capacitaciones.** Sobre el manejo del software empleado y métodos de distribución en planta.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar los procesos logísticos de almacenamiento y producción internos de una empresa del sector plástico especializada en la fabricación de empaques rígidos.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Realizar una redistribución en planta de la empresa motivo de estudio teniendo en cuenta la fusión con una empresa similar.

Simular los procesos actuales mediante la utilización del Software ProModel para visualizar los diferentes flujos y determinar las variables que afectan el proceso.

Presentar una simulación de la propuesta de redistribución seleccionada por la empresa.



### **3. MARCO TEORICO**

#### **3.1. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**

La distribución en planta (ó layout) consiste en determinar la mejor disposición de los diferentes elementos que forman el proceso productivo, de manera que se alcancen los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible. Una buena distribución en planta debe permitir una eficiente circulación de materiales, productos e información.

**3.1.1. Objetivos De La Distribución En Planta:** cuando se pone en marcha un proceso de distribución en planta, lo que se pretende fundamentalmente es reducir las manipulaciones y el material en proceso.

Las manipulaciones son los desplazamientos de materiales y/o productos sin que éstos sufran modificaciones de su estado físico. A pesar de no añadir valor al producto, resultan costosas, ya que unas manipulaciones excesivas pueden provocar una importante utilización o consumo de horas de trabajo que alargan la duración del proceso, sin olvidar los riesgos de deterioro que comportan estos movimientos.

Una buena distribución en planta debe conseguir que estos recorridos de materiales, utillajes y personas resulten tan cortos como sea posible.

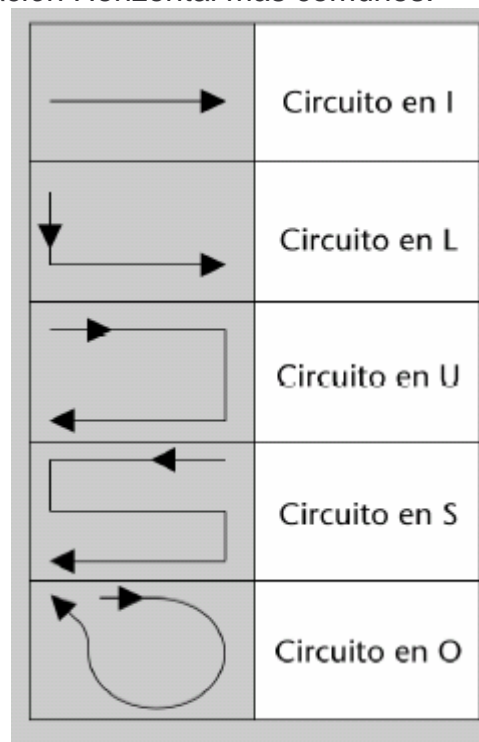
- Utilizar el espacio disponible de la mejor manera posible.
- Equilibrar el proceso de transformación.
- Conseguir que el proceso productivo sea suficientemente flexible para adaptarse a los cambios del entorno.
- Aumentar la seguridad de los trabajadores y mejorar la calidad de vida en el trabajo.
- Disminuir los riesgos que puedan afectar a las condiciones y la calidad de los materiales.
- Optimizar la utilización de la mano de obra y la maquinaria.
- Facilitar la supervisión y el control.

### 3.2. CONSIDERACIONES EN LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Al analizar y seleccionar la distribución en planta más apropiada para cada caso, hay que considerar las variables que influyen en la decisión o la limitan, como:

- La manera como los materiales circulan por la empresa, aspecto que determina, por ejemplo, el coste de su tratamiento, la cantidad utilizada en el proceso o el espacio que este proceso ocupa. Algunos de los tipos de circulación horizontal más comunes se pueden observar en la figura 1

**Figura 1.** Tipos de circulación Horizontal más comunes.



- La cantidad de equipos que se utilizarán y sus dimensiones, así como los utillajes y espacios auxiliares que se necesitan a su alrededor.

- Aspectos relacionados con la mano de obra, no sólo en lo relativo a temas de calidad de vida en el trabajo o condiciones ambientales (seguridad, iluminación, ventilación, etc.), sino también con aspectos vinculados a las relaciones personales.
- Las necesidades de espacio para servicios auxiliares (mecanismos antiincendios, calefacción, etc.)
- Las limitaciones que impone el edificio en cuanto a estructura de la planta, localización de columnas, altura, etc., y los costes de construcción o modificación de las instalaciones.

### **3.3. PRINCIPIOS BÁSICOS QUE SE TENDRÁN EN CUENTA EN EL REDISEÑO DE LA PLANTA**

Una buena distribución en planta debe cumplir con seis principios, los que se listan a continuación:

**3.3.1. Principio De La Integración De Conjunto Ó De Integridad:** La mejor distribución es la que integra las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas las partes. Es decir: todos los elementos de la producción HOMBRE\_ MÁQUINA\_ MATERIAL deben

ser lo más compatibles e integrales en el proceso, buscando que mutuamente a pesar de las diferentes variables que presenten no sean lesivos entre sí.

**3.3.2. Principio De La Mínima Distancia Recorrida:** a igual de condiciones, es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material entre operaciones sea más corta, buscando así que el recorrido trazado por los diferentes productos, adicione valor y no genere sobrecostos adicionales por distancias entre puestos de trabajo o procesos.

**3.3.3. Principio De La Circulación O Flujo De Materiales:** En igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución o proceso que este en el mismo orden a secuencia en que se transforma, tratan o montan los materiales.

**3.3.4. Principio De La Utilización Del Espacio Cúbico:** La economía se obtiene utilizando de modo efectivo el espacio disponible, tanto vertical como horizontal.

**3.3.5. Principio De La Satisfacción Y De La Seguridad:** A igual de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los productores.

**3.3.6. Principio De La Flexibilidad:** A igual de condiciones, siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.

### 3.4. TIPOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA (D.P.)

Básicamente existen tres tipos de distribución en planta, que presentan las siguientes características:

**3.4.1. Distribución basada en el producto:** se aplica cuando la producción es continua o repetitiva, es decir, cuando se fabrica una gran cantidad de productos de poca variedad. Los puestos de trabajo se sitúan uno junto a otro y siguen el orden de las operaciones que hay que llevar a cabo; el producto va pasando por estos puestos de trabajo a medida que se le van realizando las operaciones correspondientes.

Como principales ventajas e inconvenientes podemos citar los siguientes (ver Tabla 1):

**Tabla 1.** Ventajas e inconvenientes de la distribución basada en el producto

Ventajas	Inconvenientes
Poco trabajo en curso en la planta (el <i>output</i> de un puesto de trabajo pasa inmediatamente al siguiente). Mínimo transporte interno, ya que los puestos de trabajo se encuentran cerca. Planificación y control de la producción sencillos. En general, los operarios no necesitan alta cualificación. Por lo tanto, esta mano de obra es fácil de entrenar y sustituir.	Inflexibilidad ante cambios en el diseño del producto o en el entorno. Es muy vulnerable a las averías: un problema en una máquina puede detener el proceso. Requiere una inversión bastante elevada (por ejemplo, a veces hay que duplicar máquinas iguales a lo largo del proceso). El trabajo repetitivo afecta a la satisfacción y al rendimiento del personal. El ritmo para equilibrar la línea lo marca el puesto de trabajo más lento.

**3.4.2. Distribución por posición fija:** corresponde a procesos productivos por proyecto. Cuando no es posible mover el producto, éste permanece inmóvil. En ese caso, el personal, los materiales, los equipos y las herramientas son los que se desplazan. La distribución en planta se encarga de colocarlos en torno al emplazamiento del proyecto (muchas veces en círculos concéntricos), en función del nivel de uso, es decir, a mayor grado de utilización, mayor proximidad. Si el espacio es limitado, es importante disponer de una buena programación de las actividades para saber, en cada momento, que factores serán necesarios.

**3.4.3. Distribuciones híbridas:** las células de trabajo; a veces, las características del proceso productivo hacen conveniente la utilización de combinaciones entre estas formas básicas. La más común es la que mezcla las características de la distribución basada en el producto (para aprovechar su eficiencia) y la basada en el proceso (para buscar su flexibilidad), lo que da lugar a la denominada distribución por células de fabricación o trabajo.

La idea básica de la célula de trabajo es recoger al personal y la maquinaria que estarían normalmente dispersos en diferentes secciones del proceso y colocarlos temporalmente juntos en un pequeño grupo que se dedique a realizar un único producto o grupos de productos relacionados

A continuación enumeramos algunas de las ventajas e inconvenientes de esta estructura híbrida (Ver Tabla 2):

**Tabla 2.** Ventajas e inconvenientes de la distribución híbrida

<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>
Mejora de las relaciones humanas. Un equipo de trabajadores completa una unidad de trabajo, son entrenados para manipular cualquier máquina de la célula y asumen de forma conjunta los resultados. Disminución del material en proceso por la disminución de traslados, ya que una célula engloba varias etapas del proceso de producción. Disminución de los tiempos de preparación (hay menos cambios de herramientas, el tipo de artículo es limitado). Disminución de los tiempos de fabricación. Simplificación de la planificación y el control.	Normalmente hay una reducción de la flexibilidad del proceso. Incremento potencial de los tiempos inactivos de las máquinas. (Las máquinas están dedicadas a la célula y difícilmente podrán ser utilizadas todo el tiempo.) Riesgo de que las células queden obsoletas a medida que cambian los productos y los procesos.

**3.4.4. Distribución basada en el proceso** (ó distribución funcional ó por departamentalización): este tipo de distribución es el adecuado cuando la producción se realiza en lotes de tamaño variable y de una amplia gama de productos. Esta variabilidad obliga a disponer de una distribución bastante flexible.

Los trabajadores y los equipos se agrupan por similitud de funciones, y los productos pasan sólo por aquellas áreas necesarias en su proceso productivo. Entre sus ventajas e inconvenientes, se destacan los enunciados en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Ventajas e inconvenientes de la distribución basada en el proceso

<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>
Flexibilidad para efectuar cambios en el producto o en la cantidad producida (gracias a la versatilidad de los equipos y al personal cualificado).  Facilidad de mantener el sistema en funcionamiento ante posibles problemas o averías.	Manutención cara, por desplazamientos muy largos. Elevados tiempos de ejecución (el trabajo suele quedar a espera de las tareas del proceso). Dificultad de planificar y controlar. Mucho trabajo en curso. El coste por unidad resulta más elevado. Suele presentar una baja productividad (cada tarea es diferente por lo que requiere una organización y un aprendizaje diferente por parte de los operarios).



### 3.4.5. Caracterización de los tipos de distribución en planta

**Tabla 4.** Características de los tipos de distribución en planta

	<b>DP basada en el producto</b>	<b>DP basada en el proceso</b>	<b>DP por posición fija</b>
<b>Producto</b>	Estandarizado. Alto volumen de producción (bastante constante).	Diversificado. Volúmenes y tasas de producción variables.	Normalmente con pedido. Volumen de producción bajo (a menudo una unidad única).
<b>Flujo de trabajo</b>	Línea continua o cadena de producción. Todas las unidades siguen la misma secuencia de operaciones.	Flujo variable. Cada producto puede tener una secuencia de operaciones propia.	Mínimo o inexistente. Personal y equipos van al producto cuando lo necesitan.
<b>Mano de obra</b>	Altamente especializada y poco cualificado. Capaz de realizar tareas repetitivas.	Cualificada. Moderadamente adaptable.	Alta flexibilidad. Asignación de tareas variable
<b>Manipulación de materiales</b>	Previsible y a menudo automatizada.	Variable, a menudo con esperas y retrocesos.	Variable y a menudo escasa.
<b>Inventarios</b>	Alto inventario de productos acabados.	Escaso inventario de productos acabados.	Variables. Inmovilizaciones frecuentes, ya que el ciclo de trabajo es largo.
<b>Utilización del espacio</b>	Eficiente.	Deficiente. Gran necesidad de espacio para el material en proceso.	Generalmente todo es requerido por un solo producto.
<b>Necesidades de capital</b>	Elevada inversión en equipos altamente especializados.	Inversiones más bajas en equipos de carácter general.	Equipos móviles de carácter general.

Con base en los tipos de distribución en planta tratados y según la configuración del proceso productivo empleado en la planta, es necesario emplear una distribución por departamentalización o basada en el proceso, la cual presenta las características básicas presentadas en la Tabla 4.

### **3.5. PRINCIPIOS BÁSICOS QUE SE TUVIERON EN CUENTA EN EL REDISEÑO DE LA PLANTA**

**3.5.1. Principio de la integración de conjunto ó de integridad:** La mejor distribución es la que integra las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas las partes. Es decir: todos los elementos de la producción HOMBRE\_ MÁQUINA\_ MATERIAL deben ser lo más compatibles e integrales en el proceso, buscando que mutuamente a pesar de las diferentes variables que presenten no sean lesivos entre sí.

**3.5.2. Principio de la mínima distancia recorrida:** a igual de condiciones, es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material entre operaciones sea más corta, buscando así que el recorrido trazado por los diferentes productos, adicione valor y no genere sobrecostos adicionales por distancias entre puestos de trabajo o procesos.

**3.5.3. Principio de la circulación o flujo de materiales:** En igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución o proceso que este en el mismo orden a secuencia en que se transforma, tratan o montan los materiales.

**3.5.4. Principio de la utilización del espacio cúbico:** La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto vertical como horizontal.

**3.5.5. Principio de la satisfacción y de la seguridad:** A igual de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los productores.

**3.5.6. Principio de la flexibilidad:** A igual de condiciones, siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.

### **3.6. TÉCNICA UTILIZADA PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE REDISTRIBUCIÓN EN PLANTA**

La distribución en planta trata básicamente de decidir cuál es la mejor disposición de los talleres o puestos de trabajo, de manera que se reduzcan las distancias que hay que recorrer y que el coste de manipulación de materiales resulte mínimo.

Es necesario tener en cuenta que entre algunos puestos de trabajo existe mucho movimiento, mientras que entre otros es escaso; por lo tanto, se situará los departamentos o secciones más interrelacionados (por movimiento de materiales o personas) próximos unos de otros. Este proceso puede verse limitado por la imposibilidad de cambiar la ubicación de algún departamento debido a sus restricciones, por la existencia de ciertas disposiciones de seguridad o, sencillamente, por problemas de espacio. Antes de decidir esta disposición, se debe conocer las necesidades de espacio de cada área de trabajo.

Una vez dispuesta una orientación sobre el espacio necesario para cada sección, procedimos a realizar la distribución de la planta. Para ello nos basamos en una serie de criterios que, según los casos, pueden ser cuantitativos o cualitativos, el método que más se acomoda a las exigencias de la planta y por ende utilizamos, es el método de los eslabones que se explica detalladamente a continuación:

**3.6.1. Método de los eslabones:** utilizado para determinar las distribuciones óptimas de los diferentes puestos de trabajo de una planta.

Uno de los objetivos fundamentales de la distribución en planta consiste en minimizar las manutenciones en la empresa. El método que estudiaremos a continuación empieza con la identificación de los denominados eslabones, que son las trayectorias de manutención que unen entre sí dos puestos de trabajo.

De esta forma, el eslabón AB es la trayectoria que une el puesto A con el puesto B (ó el puesto B con el puesto A, lo que viene a ser lo mismo en primera aproximación).

Una vez identificados los eslabones, se trata de determinar la frecuencia con la que aparece cada uno de ellos, para colocar más próximos aquellos lugares de trabajo o las secciones más interrelacionadas.

### **3.7. SIMULACIÓN DE PROCESOS CON EL SOFTWARE PROMODEL**

La simulación es una herramienta de análisis de sistemas complejos, que permite generar desde ahorros considerables de dinero hasta el mejoramiento de la planeación y control de los sistemas productivos, pasando por muchas restricciones reales del sistema.

Es una técnica de modelaje matemático, mediante la cual se construye un modelo del proceso de estudio, con el fin de entender la interacción de los componentes del sistema y evaluar diferentes alternativas de configuración para el mejoramiento de su desempeño.

Es una representación ficticia de la situación real de una empresa, que se experimenta mediante modelos que son abstracciones de la realidad; cuanto mayor sea el grado de aproximación de la simulación a la realidad, mayor será su utilidad.

**3.7.1. Para qué usar simulación:** es útil usar simulación para: tener un conocimiento más claro y detallado del sistema, identificar problemas específicos y parámetros sensibles de un sistema, diseñar nuevos sistemas sin incurrir en el riesgo de una inversión errónea, realizar experimentos con nuevas configuraciones antes de implementarlas, visualizar y probar el comportamiento de nuevas estrategias de operación, evaluar rápidamente las alternativas sin

interrumpir los sistemas operacionales, mostrar los cambios de desempeño del sistema en el tiempo, apoyar la toma de decisiones.

**3.7.2. Beneficios:** los beneficios más importantes de usar simulación son:

- Permitir obtener una visión general de la operación del sistema y verificar el impacto de posibles cambios en el desempeño del mismo.
- Mejorar y facilitar la comprensión del sistema y sus elementos.
- Facilitar la experimentación de políticas y nuevas configuraciones, en la búsqueda del mejoramiento del sistema.
- Ahorros potenciales al reducir los costos de implantaciones erróneas.

Todo esto apoya el proceso de toma de decisiones, sin incurrir en los costos de implantaciones equivocadas.

**3.7.3. Acerca De ProModel:** ProModel es un software diseñado para simular sistemas complejos de manufactura, generando desde ahorros considerables de dinero hasta el mejoramiento de la planeación y control de los sistemas productivos, además del descubrimiento de muchas restricciones del sistema.

La complejidad de los sistemas de manufactura se hace evidente a la hora de diseñar nuevos procesos, modificar los existentes y evaluar alternativas de mejoramiento.

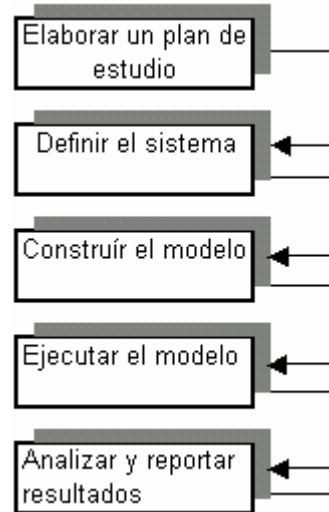
ProModel incluye el software Stat:Fit para analizar el conjunto de datos de entrada y encontrar la mejor función de distribución de probabilidad que se ajusta a ellos, con el objetivo de reflejar en los modelos de simulación la aleatoriedad de los sistemas de la vida real.

### **3.8. METODOLOGÍA APLICADA EN EL PROCESO DE SIMULACIÓN**

El proceso de simulación se puede entender como un proyecto compuesto por tareas y recursos requeridos.

El éxito en la simulación dependerá de la planeación y de comprender los requerimientos necesarios. Un modelo de simulación requiere un minucioso análisis de los resultados obtenidos, buena comunicación y habilidades de ingeniería para visualizar las interrelaciones del sistema. El proceso de simulación requiere básicamente los siguientes pasos:

**Figura 2.** Pasos para realizar una simulación.



**Paso 1:** Elaborar Un Plan De Estudio:

- **Definir Los Objetivos:** se requiere simular los procesos actuales de la empresa con el fin de identificar las posibles restricciones y cuellos de botella que presentan. Modelar la posible alternativa al generar una redistribución en planta con los recursos actuales involucrados en el área más la adición de unos nuevos recursos. El desempeño de la simulación se medirá con la comparación de los datos reales vs. los arrojados por esta, el modelo básico generado estará disponible para ser usado y adaptado a nuevas especificaciones que se presentasen en el futuro de la empresa por los ingenieros de la empresa: La información arrojada por el programa proporciona datos como análisis de la capacidad de la planta y utilización del espacio disponible y requerido para una futura ampliación, optimización de los flujos, costos e inventarios.



- **Identificar Las Limitaciones ó Restricciones:** las principales limitaciones presentadas en el desarrollo de la simulación fueron: tiempo del proyecto, espacio físico de la planta, falta y disponibilidad de la información en el momento oportuno, la accesibilidad del software al interior de la empresa (por la licencia), problemas técnicos tales como fallas de red que impiden el trabajo con el software.
- **Conocer las especificaciones:** el alcance que se pretende es la simulación del flujo de proceso de la sección plástica de la planta actual y de la nueva propuesta con la fusión de la nueva empresa, sin incluir el movimiento de materiales dentro de bodega de materia prima y despacho. Las variables críticas del sistema son los tipos de productos (vaso industrial, tarrina, sobrecoja, bases, etc.) y su rendimiento en cada una de las máquinas, que se está manejando por medio del uso de distribuciones estadísticas. El grado de exactitud del modelo está determinado por la confiabilidad de la información suministrada por parte de la empresa.

**Paso 2: Definir El Sistema:**

- **Determinación De La Información Requerida:** Para simular el proceso productivo, fue necesario identificar los siguientes elementos:

- **Estaciones (Locaciones):** lugares fijos en el sistema que corresponden a áreas donde se desarrollan procesos ó actividades que involucran toma de decisiones, tales como: las máquinas que se utilizan en los procesos, almacenamiento, inspección, etc.
  
- **Entidades (Partes):** elementos que sufren transformaciones a lo largo de los diferentes procesos del sistema. Es todo aquello que se procesa como materia prima, producto en proceso y producto terminado, así como documentos entre otros.
  
- **Rutas:** la red por donde se desplazarán los recursos dinámicos que movilizan el material a procesar.
  
- **Recursos:** los encargados de transportar o manipular el material: operarios, montacargas, etc.
  
- **Procesamiento:** actividades que deben cumplir cada tipo de entidad en cada locación del sistema de acuerdo a una ruta específica. Se define también como la lógica que describe lo que sucede en el proceso.
  
- **Llegadas (Arribos):** llegadas de nuevas entidades al sistema, es decir llegadas de materia prima en las estaciones de trabajo.

El modelo de simulación comienza con la utilización de un plano de la planta, en donde se identifican las maquinarias y espacios sobre el cual se construirán los elementos a simular.

EL plano en un software de diseño, para el caso de estudio AutoCAD es exportado como una imagen que puede utilizarse en ProModel obteniendo así una aproximación más exacta del proceso real.

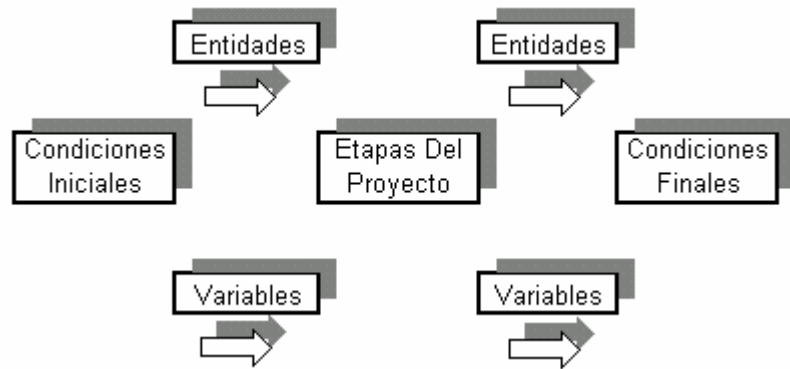
- **Uso Apropiado De Las Fuentes De Información:** la información se obtuvo de informes estadísticos entregados por los encargados de cada área, se realizaron estudios de tiempo y estudios estadísticos.

### **Paso 3: Construcción Del Modelo De Simulación**

El modelo de simulación gracias a su flexibilidad permitirá hacer mejoras en el proceso, tiempos, actualizaciones de datos entre otros.

Para generar un modelo de simulación se necesita básicamente de la siguiente información:

**Figura 3.** Proyecto por etapas



**Condiciones Iniciales:**

- Materia prima
- Tipo de producto
- Velocidad de las máquinas
- Recursos (número de operarios, cantidad de montacargas y características)
- Tiempo de procesamiento
- Áreas y longitudes recorridas dentro del sistema
- Capacidades de almacenamiento y sus restricciones

- Restricciones de las máquinas
- Número de unidades por caja
- Rendimientos de las máquinas

**Entidades:**

- Materias Primas
- Ordenes de Producción
- Productos

**Variables:**

- Cantidad de ordenes de producción
- Tipo de producto requerido

### **Etapas De La Simulación:**

- Almacenamiento de MP, WIP y PT
- Extrusión
- Termoformado
- Impresión

### **Condiciones Finales:**

- Criterios de almacenamiento y empaque

### **Paso 4: Ejecución Del Modelo:**

Después de obtenido el modelo, es importante ejecutarlo varias veces, cambiándole las condiciones para cerciorarse que el modelo representa la realidad y no únicamente una situación puntual. Este paso se encuentra en el proceso.

### **Paso 5:** Análisis Y Reporte De Resultados

Esta fase es una de las más importantes, ya que se debe ser muy crítico con la información que arroja el modelo, logrando que dicho modelo muestre como funciona el sistema simulado.

## **4. DIAGNOSTICO**

### **4.1. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL A TRAVÉS DE LAS ENTREVISTAS Y LA OBSERVACIÓN DIRECTA.**

Problemas Encontrados en el diseño actual de la planta:

- El espacio asignado a almacenamiento de producto terminado es muy reducido para el nivel de producción que se maneja, lo que conlleva a almacenar el producto en las diferentes áreas de la planta asignadas para otros fines como pasillos de evacuación, generando inconvenientes en los diferentes flujos, mayores distancias recorridas, inseguridad para los trabajadores, el producto y el proceso como tal. Por este motivo fue necesario hacer un minucioso estudio para determinar el área requerida.
- Exceso de almacenamientos temporales que dificultan las operaciones normales de producción.
- Reflujos de material y grandes recorridos entre centros de trabajo y bodegas.



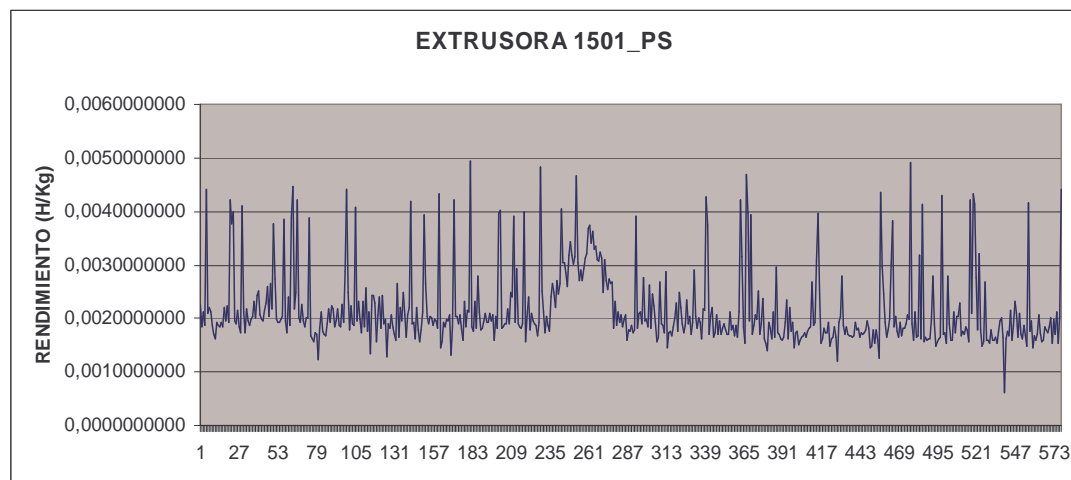
- Débil control de inventarios de producto en proceso.
- El inadecuado almacenamiento y empaque de los remolidos genera un deficiente uso del espacio en la bodega de materia prima y hace que se perciba sucia, desordenada y se presenten vencimientos del material.
- En la bodega de materias primas existe un espacio ocupado por máquinas sin uso que se podría reasignar para otros fines más provechosos.
- Ausencia de procedimientos que involucren planeación con inventarios y otros departamentos generando paros de producción por falta de materiales o la toma equivocada de decisiones.

## **4.2. SIMULACIÓN DE LOS PROCESOS ACTUALES**

**4.2.1. Análisis Estadístico de los datos de la empresa:** para la simulación de los procesos se debe iniciar con un análisis estadístico con el fin de preparar las funciones normales (generadas de los rendimientos de las máquinas) que se introducen en el software ProModel, además de los rendimientos esperados en cajas/día, para cada área de trabajo y lograr comparar los resultados de la simulación contra los valores de los rendimientos esperados hallados previamente (con la información obtenida en la empresa).

**4.2.1.1. Rendimientos Para El Área De Extrusión:** Extrusora 1501: en la Figura 4 se muestra el comportamiento de los datos (rendimientos en horas por kilogramo) de la máquina extrusora trabajando con PS.

**Figura 4.** Rendimiento Extrusora 1501 fabricando PS



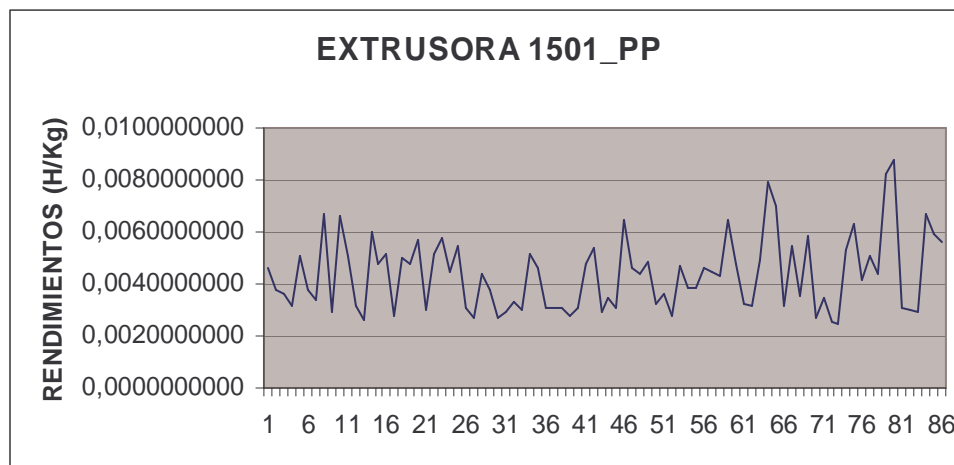
**Tabla 5.** Análisis Estadístico Rendimiento Extrusora 1501 fabricando PS

<i>1501</i>	<i>PS</i>
Media	0,002139181
Error típico	2,94656E-05
Mediana	0,00191745
Moda	0,002192982
Desviación estándar	0,000671901
Varianza de la muestra	5,01833E-07
Curtosis	3,093803779
Coefficiente de asimetría	1,865137907
Rango	0,004324831
Mínimo	0,000608856
Máximo	0,004933687
Suma	1,249613737
Cuenta	578

La función Normal utilizada en el software ProModel para la maquina Extrusora 1501 en material PS es: **N (0.00213918,0.0006719).**

En la Figura 5, se puede observar el comportamiento de los datos (rendimientos en horas por kilogramo) de la máquina extrusora trabajando con material PP.

**Figura 5.** Rendimiento Extrusora 1501 fabricando PP



**Tabla 6.** Estadística Descriptiva Rendimiento Extrusora 1501 fabricando PP

	<b>1501</b>	<b>PP</b>
Media		0,004557761
Error típico		0,000152984
Mediana		0,004342091
Moda		#N/A
Desviación estándar		0,000782572
Varianza de la muestra		2,01276E-06
Curtosis		0,37137816
Coefficiente de asimetría		0,862644027
Rango		0,00628869
Mínimo		0,00246948
Máximo		0,00875817
Suma		0,374250851
Cuenta		86

La función Normal utilizada en el software ProModel para la maquina Extrusora 1501 en material PP es: **N (0.00455776, 0.00078257)**.

Estas funciones generan valores esperados de rendimiento en toneladas por día de 24 horas en condiciones ideales (sin paros de maquinas), ver Tabla 7.

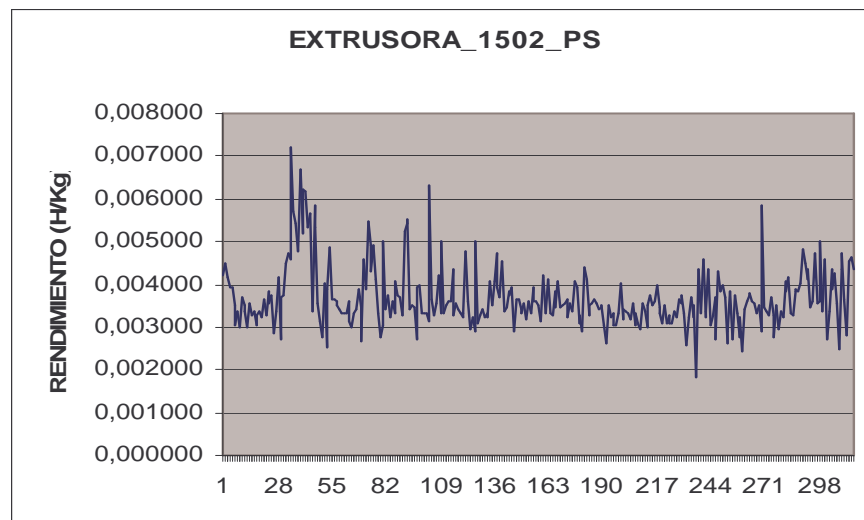
**Tabla 7.** Rendimiento esperado extrusora 1501

Extrusora 2501	Material PP	Material PS
<b>24 horas</b> De 600Kg c/ rollo	8.8 rollos/día	18.7 rollos
En toneladas / día	<b>5.3</b>	<b>11.2</b>

### Extrusora 1502

En la Figura 6, se muestra el comportamiento de los datos (rendimientos en horas por kilogramo) de la máquina 1502 trabajando con material PS.

**Figura 6.** Rendimiento Extrusora 1502 fabricando PS



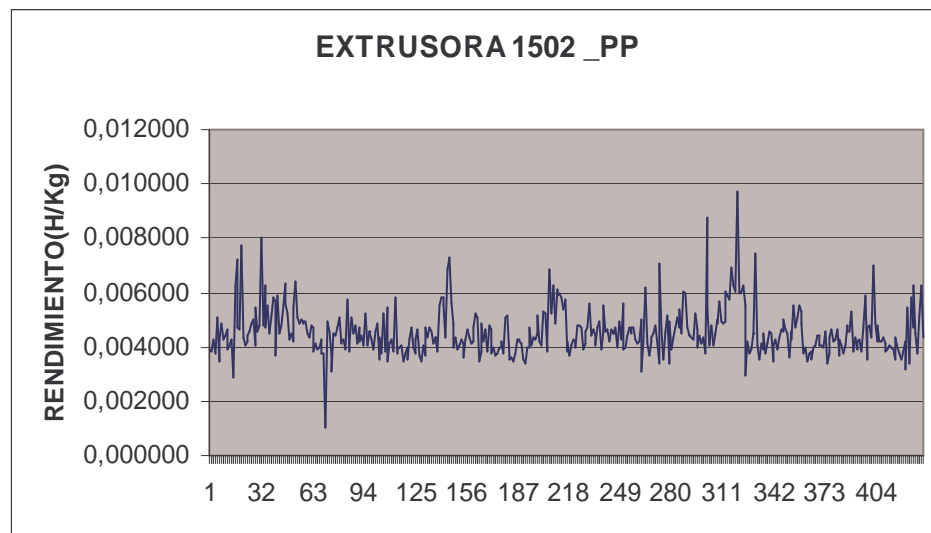
**Tabla 8.** Estadística descriptiva rendimiento Extrusora 1502 fabricando PS

1502	PS
Media	0,00365675
Error típico	4,1045E-05
Mediana	0,0035053
Moda	0,00330882
Desviación estándar	0,00066907
Varianza de la muestra	5,3067E-07
Curtosis	3,62147449
Coefficiente de asimetría	1,56268566
Rango	0,00537029
Mínimo	0,00183432
Máximo	0,00720461
Suma	1,16145558
Cuenta	315

La función Normal utilizada para esta extrusora es: **N (0.00365675,0.00066907).**

En la Figura 7, se muestra el comportamiento de los datos (rendimientos en horas por kilogramo) de la máquina extrusora 1502 trabajando con material PP.

**Figura 7.** Rendimiento Extrusora 1502 fabricando PP



**Tabla 9.** Estadística descriptiva rendimiento Extrusora 1502 fabricando PP

	<b>1502</b>	<b>PP</b>
Media	0,00417555	
Error típico	5,0575E-05	
Mediana	0,004431	
Moda	0,00399015	
Desviación estándar	0,00118989	
Varianza de la muestra	1,1664E-06	
Curtosis	7,41572141	
Coefficiente de asimetría	1,83347092	
Rango	0,01061278	
Mínimo	0,00105388	
Máximo	0,01166667	
Suma	2,12403888	
Cuenta	456	

La función Normal utilizada en el software ProModel para la maquina Extrusora 1502 trabajando el material PP es: **N (0.00365675,0.00066907).**

En la Tabla 10, se puede ver como estas funciones generan valores esperados de rendimiento en toneladas por día de 24 horas en condiciones ideales.

**Tabla 10.** Rendimiento esperado Extrusora 2501

<b>Extrusora 1502</b>	<b>Material PP</b>	<b>Material PS</b>
<b>24 horas</b>	9.6 rollos/día	11 rollos
De 600Kg c/ rollo		
En toneladas / día	<b>5.8</b>	<b>6.6</b>

ProModel esta programado para generar mezcla de productos (PP y PS) que da como resultado nuevos rendimientos esperados por día.

$$1501\_PP + 1502\_PS = 11\text{ton/día}$$

$$1501\_PS + 1502\_PP = 16\text{ton/día}$$

$$1501\_PP + 1502\_PP = 10\text{ton/día}$$

$$1501\_PS + 1502\_PS = 17\text{ton/día}$$

**4.2.1.2. Termoformado De Alta:** para esta área se analizaron los datos de rendimiento en minutos por gramos, agrupándolos por peso sin importar que máquina los produce, ya que la mayoría de los productos se pueden fabricar en cualquier maquina termoformadora de las instaladas en la empresa.

A continuación se presenta la función Normal generada y los rendimientos esperados en cajas por día de acuerdo a la función presentada para los pesos 28 y 9.4 gr. Para los demás pesos ver Anexo 2.

**Tabla 11.** Análisis estadístico del rendimiento de un producto de peso 28gr.

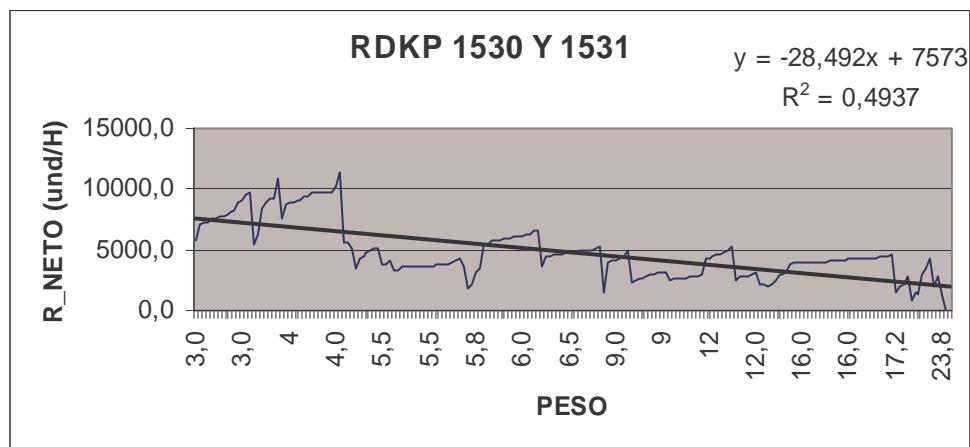
BASE 1000G Genérica	PESO 28gr_PS				
	Media	0,001519475			
	Error típico	3,70424E-05			
	Mediana	0,001289243			
	Moda	0,001201923			
	Desviación estándar	0,000705753			
BASE 1000G	Peso	Peso	rendimiento	rendimiento	rendimiento
unds/caja	Basex1000g	Caja	min. / gr.	min/caja	cajas / día
462	28	12936	0.001519475	19.656	67.2

**Tabla 12.** Análisis estadístico del rendimiento de un producto de peso 9.4 gr  
**PESO 9,4\_PS**

Media 0,002335848					
Error típico 0,000280254					
Mediana 0,002687359					
Moda NBA					
Desviación estándar 0,000929496					
VASO 200G	Peso	Peso	rendimiento	rendimiento	rendimiento
unds/caja	basex1000g	Caja	min. / gr	min/caja	cajas / día
1380	9,4	12972	0,002335848	30,30	43,6

**4.2.1.3. Termoformadoras RDKP:** la figura 8 representa una fuerte relación entre el rendimiento en unidades por hora y el peso. La tendencia negativa que se observa indica que si aumenta el peso del producto el rendimiento disminuye sin importar en cual de las dos RDKP se procese.

**Figura 8:** Relación entre peso y Rendimiento para las RDKP



Por esto se analizaron los datos de rendimiento en horas por gramo, agrupándolos por peso sin importar que máquina los produzca.



**Tabla 13.** Rendimiento horas gramo\_ RDKP

<b>PESO 3Gr.</b>	
Media	0,0000438134
Error típico	0,00000156
Mediana	0,00004299
Moda	#NBA
Desviación estándar	0,000007652

Función Normal utilizada por ProModel para un producto de peso 3gr. Fabricado en una maquina RDKP: **N(0.0000438134, 0,000007652).**

En la Tabla 14, se puede apreciar los rendimientos esperados en cajas por día de cada producto. Para obtener las desviaciones en estos valores se deben calcular con la función Normal generada para cada peso, ver anexo 3 (Rendimientos por peso de las termoformadoras RDKP).

**Tabla 14.** Rendimientos esperados en las RDKP

Unds x		Rendimiento	PESO /	HORAS	CAJAS
caja	PESO	HORA / gr	caja	caja	día
1700	3,00	0,000042509	5100	0,22	110,7
1140	5,50	0,000048954	6270	0,31	78,2
435	6,00	0,00002791	2610	0,07	329,5
735	6,50	0,000032710	4778	0,16	153,6
884	9,12	0,000040601	8062	0,33	73,3
650	12,00	0,000023056	7800	0,18	133,5
450	15,00	0,000030513	6750	0,21	116,5
260	16,00	0,000015683	4160	0,07	367,9
390	18,00	0,000024962	7020	0,18	137,0

La tabla 14 muestra un rendimiento en cajas / día esperado muy alto para un producto de peso 16gr. Para verificar que los rendimientos en horas / gramos

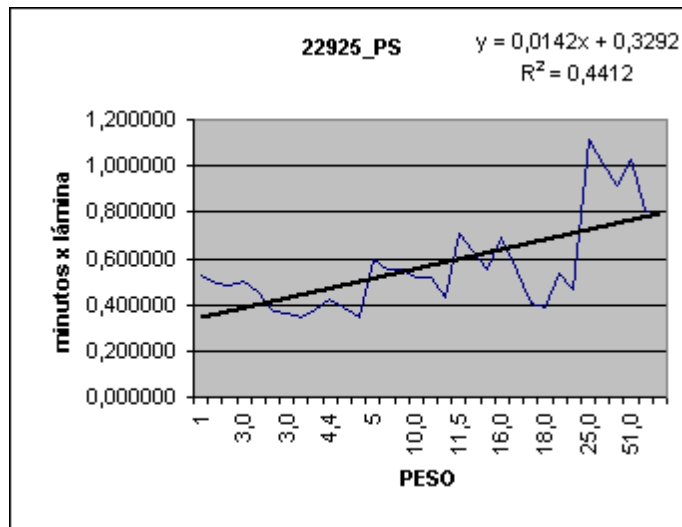
generados como función fueran correctos nos referimos al día 07 /09 / 2004 con dicho producto, con una producción de 80.520 Unids en 20.4 horas de tiraje real y un rendimiento Neto de 3943 unids / hora, estos valores resultan en una producción de 15 cajas / hora (4 min. / caja) y 360 cajas / día, comprobando que los valores esperados de la Tabla 10, son muy aproximados a la realidad.

**4.2.1.4. Termoformado de baja:** se encontró una fuerte relación entre peso y rendimiento en minutos por lámina como se puede ver en la figura 9, en la tabla 15, también se puede observar con la ecuación de la tendencia que a medida que aumenta el peso los minutos por lámina aumentan.

**Tabla 15.** Relación entre peso y rendimiento para la maquina 22925

$Y =$ Rendimiento(min/lam) $X =$ peso $Y = 0,0142x + 0,32292$	
PESO	Rendimiento
1	0,3434
3	0,3718
4,4	0,39168
5	0,4002
10	0,4712
11,5	0,4925
16	0,5564
18	0,5848
25	0,6842
51	1,0534

**Figura 9.** Relación entre peso y Rendimiento para la máquina 22925



**Tabla 16.** Función Normal para la máquina 22925  $N(0.57066, 0.20680576)$

Redmto:min/Lamina	
Media	0,57066629
Error típico	0,03600026
Mediana	0,52153846
Moda	#NBA
Desviación estándar	0,20680576

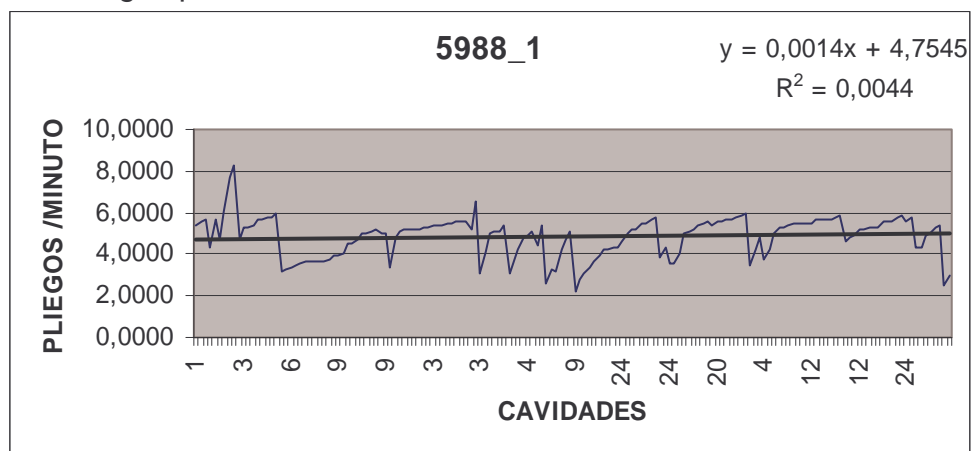
Debido a la fuerte relación entre peso y rendimiento los datos se agruparon por peso y por máquina. De acuerdo a estos rendimientos se han calculado el número de cajas por día esperadas para cada máquina en sus diferentes productos, en la Tabla 17 se observan el número de cajas esperadas por un día de trabajo de la máquina 22925 con laminas en PS. Para las otras maquinas ver Anexo 4

**Tabla 17.** Rendimiento esperado en cajas/día por peso procesado en la máquina 22925

Laminas/ Caja	22925 PS	Rendimiento min/lamina	Peso/ Caja	Minutos x Caja	Cajas / Día
50	1,3	0,4849347	65	24,25	59,4
50	3	0,4075864	150	20,38	70,7
50	4,4	0,3837856	220	19,19	75,0
50	10	0,5387711	500	26,94	53,5
50	11,5	0,6314128	575	31,57	45,6
50	16	0,6175358	800	30,88	46,6
50	18	0,3997144	900	19,99	72,1
50	19	0,5014355	950	25,07	57,4
50	25	1,1170588	1250	55,85	25,8
50	35	0,9637182	1750	48,19	29,9
50	51	0,8728523	2550	43,64	33,0

#### 4.2.1.5 Troqueladoras Krausser

**Figura 10.** Pliegos por minuto Vs. Número de Cavidades\_5988



La Figura 10, demuestra que NO hay relación entre los pliegos por minuto procesados en la Krauss 5988 y el número de cavidades, ya que en promedio se

procesarán 5 láminas por minuto sin importar el número de cavidades como se demuestra en la Tabla 18:

**Tabla 18.** Láminas procesadas por minuto

Y= Pliego/min X= #cavidades	
<b>Y = 0.0014X + 4.7545</b>	
CAVIDADES	Y=
3	4,7587
6	4,7629
9	4,7671
11	4,7699
18	4,7797
20	4,7825
24	4,7881

Adicionalmente también se encontró que NO existe relación entre los pliegos por minuto y el tipo de material que se trabaje.

Por lo anteriormente mencionado se elaboró la función Normal utilizando los datos de minutos por ciclo o lo que es igual minutos por lámina, los rendimientos encontrados para las dos máquinas se ven en la Tabla 19.

**Tabla 19.** Rendimientos de las máquinas KRAUSS

<b>5988_min. / Lamina</b>		<b>6804_Rendimiento</b>	
Media	0,216275	Media	0,226119
Error típico	0,004195	Error típico	0,005929
Mediana	0,195475	Mediana	0,201972
Moda	#N/A	Moda	0,18
Desviación estándar	0,051885	Desviación estándar	0,10473
<b>Función: N(0,2162746, 0,0518)</b>		<b>Función: N(0,2261191, 0,1047)</b>	

En la Tabla 20, se muestran los rendimientos esperados para la Krauss 5988, los rendimientos esperados de la Krausser 6504 se pueden observar en el anexo 5.

**Tabla 20.** Rendimiento esperado KRAUSS 5988

5988						
Peso	Unid/caja	CAVIDADES	Min/lamin	Unds/día	Hora/caja	Cajas/Día
35	180	2	0,2162747	13316,4	0,32	74
51	1431	3	0,2162747	19974,6	1,72	14
9	1200	4	0,2162747	26632,8	1,08	22,2
10	1200	6	0,2162747	39949,2	0,72	33,3
10	1200	9	0,2162747	59923,8	0,48	49,9
4,4	1695	10	0,2162747	66581,99	0,61	39,3
2,2	1800	11	0,2162747	73240,19	0,59	40,7
3	1500	12	0,2162747	79898,39	0,45	53,3
3	1500	18	0,2162747	119847,59	0,3	79,9
2,2	1800	24	0,2162747	159796,79	0,27	88,8

**4.2.1.6 Impresión:** las Figura 11 y 12 presenta la relación que existe para la maquina impresora 1553 entre el peso del producto y su rendimiento, se observa que existe una leve relación entre peso y rendimiento, lo cual se verifica al trazar una línea de tendencia en el gráfico y obtener una ecuación negativa, que significa, que si aumenta el peso el rendimiento disminuye (ver la ecuación 1).

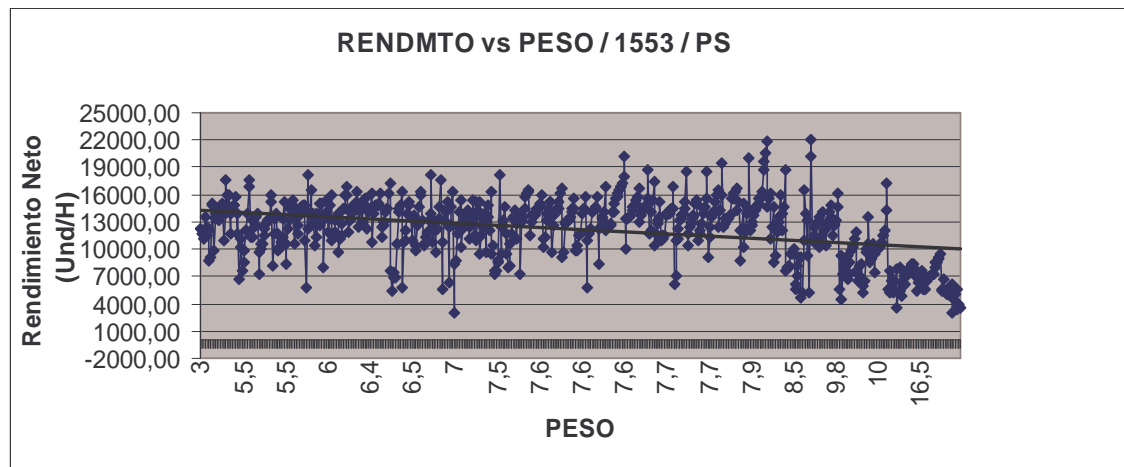
$$y = - 5,9121x + 14228$$

$$R^2 = 0,1304$$

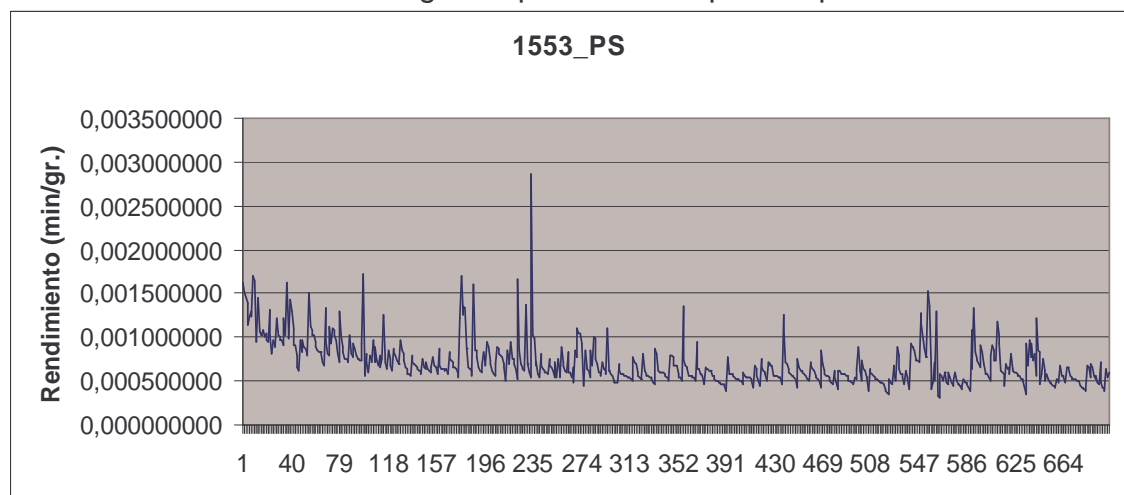
Esto generó la decisión de trabajar los rendimientos por máquina en minutos por gramo y por tipo de producto que se procesa.

En la Tabla 21, se observa el resultado del análisis estadístico de los rendimientos para la maquina 1553 con un producto tipo Vaso industrial de 7.7gr. del cual se generó el rendimiento utilizado en ProModel, la función Normal utilizada para las otras máquinas (tanto en PS como PP) se pueden ver en el Anexo 6.

**Figura. 11:** Relación entre peso y rendimiento para una maquina impresora



**Figura. 12:** Rendimiento en min/gramo para una máquina impresora.



**Tabla 21.** Rendimiento de la máquina 1553, para un peso de 7.7 gramos

<b>1553_peso 7,7 Vaso 2</b>	
Media	0,0005653674
Error típico	0,0000072487
Mediana	0,0005600649
Moda	0,0005454545
Desviación estándar	0,0000728486

La producción esperada en cajas por día para algunos productos representativos se calcula a partir de los rendimientos o función Normal de cada máquina multiplicada por el peso de la caja, como se puede apreciar en la Tabla 21, los rendimientos esperados de los diferentes productos que se imprimen se ven en el Anexo 7.

Para algunos productos específicos se generaron nuevas tablas de rendimiento esperado que se pueden apreciar en el Anexo 7.

**Tabla 22.** Rendimiento esperado en cajas/día en la máquina 1553

<b>1553_PS</b>						
<b>Producto</b>	<b>Unid/Caja</b>	<b>peso caja</b>	<b>Rendmto</b>	<b>minutos/caja</b>	<b>cajas/día</b>	<b># Estibas</b>
Base 1L	480	10224	0,00051639	5,3	272,7	10,91
Base 500	540	8910	0,00049799	4,4	324,5	12,98
Base 250	960	9600	0,00063582	6,1	235,9	9,44
Vaso 1	1500	14700	0,00047907	7,0	204,5	8,18
Vaso 2	1380	10764	0,00066509	7,2	201,1	8,05
Vaso 3	1500	11550	0,00056537	6,5	220,5	8,82
Vaso 16OZ	1171	11400	0,00082728	9,4	152,7	6,11



**4.2.2. Validación del modelo:** para validar el modelo matemático sobre el cuál trabajó el software ProModel se realizó una simulación de 24 horas de trabajo y 4 replicas, y con el promedio se analizaron los valores arrojados frente a los esperados para un día de trabajo bajo condiciones ideales.

#### 4.2.2.1 Extrusión:

**Tabla 23.** Inventario final de bodega de lámina en 24 horas de simulación

<b>Movimiento de Bodega de Lámina</b>	<b>Cantidad</b>
Inv. Inicial	100 rollos
+ Extrusora1501	produce 7.5 rollos
+ Extrusora1502	produce 7.5 rollos
- Entrega a Termo de alta	23.3 rollos
- Entrega a Termo RDKP	5.75 rollos
<b>=Inventario Final</b>	<b>86 rollos</b>

Cada rollo pesa 600Kg, para un total de 17.4 Toneladas en 24 horas de producción ideal (sin paradas ni tiempos concedidos).

En la gráfica 12, se puede apreciar los porcentajes de ocupación o de uso de capacidad de la maquina Extrusora 1501, que presenta un 98% de uso y un 2% en espera. Mientras que la extrusora 1502 no usa un 14.6% de la capacidad.

**Tabla 24.** Valor final Inventario de Laminas. ProModel

<b>Variable</b>	<b>Total Changes</b>	<b>Min Prom.xCamb</b>	<b>Min_ Value</b>	<b>Max_ Value</b>	<b>Current_ Value</b>	<b>Average Value</b>
Inv Almacén Laminas	144	9,5	0	100	86	91,48
Rollos 1501	7,5	109,32	0	7,5	7,5	4,74
Rollos 1502	7,5	78,62	0	7,5	7,5	5,55

En la columna dos de la Tabla 24, se observa el número total de cambios o movimientos que sufre, por ejemplo el Inventario de laminas ( $144 = 100$  entradas iniciales de rollos + 15 rollos de la producción de un día + 29 salidas de rollos a las Termoformadoras), también se pueden observar el tiempo promedio (en minutos) por movimiento, los valores máximos y mínimos que se dan en esta bodega, el valor actual (inventario final) y un valor promedio.

#### 4.2.2.2. Termoformadoras de alta:

**Tabla 25.** Producción promedio Termoformado de alta en 24 h de simulación

<b>Máquina</b>	<b>Producción promedio (Cajas /Día)</b>	<b>Número de estibas día</b>
1515:	79	3
1516	90	4
1517	108	4
1518	106	4
1519	77	3
1520	74	3
1521	151	3
1523	115	6
1524	98	4
<b>Total</b>	<b>895</b>	<b>34</b>

#### Movimiento de materiales (Horas/semana):

24 rollos entraron desde Bodega \_ lámina

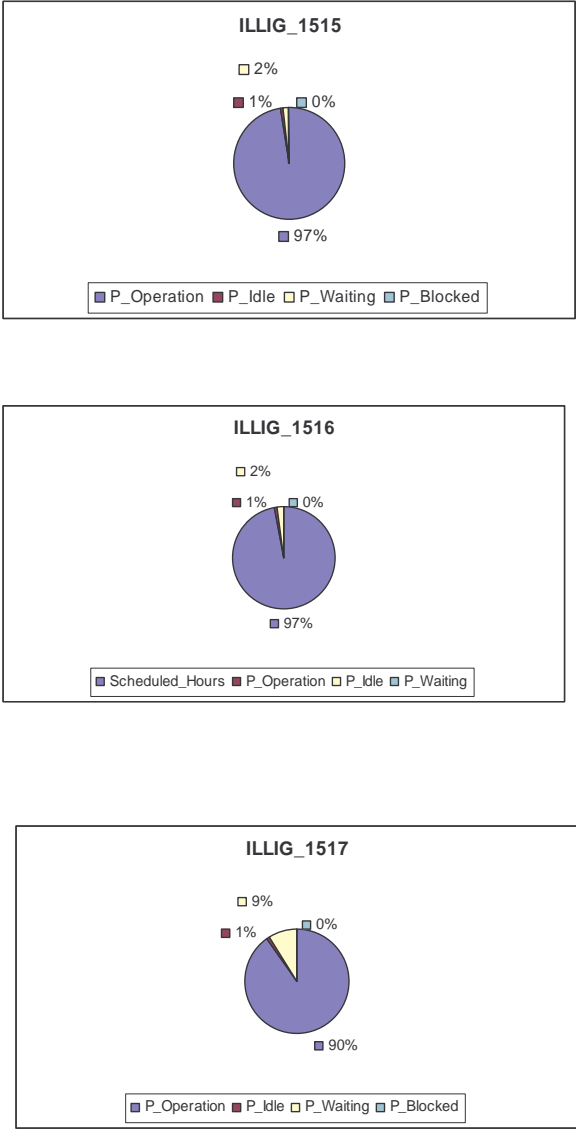
895 cajas manufacturadas

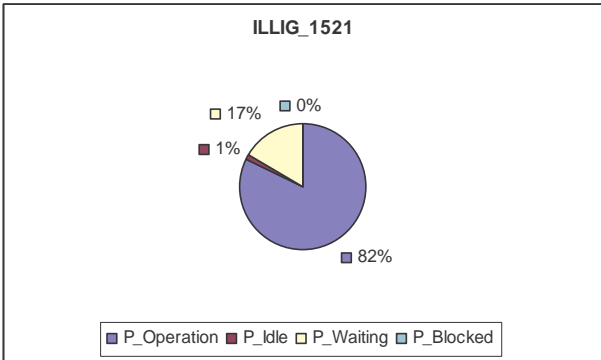
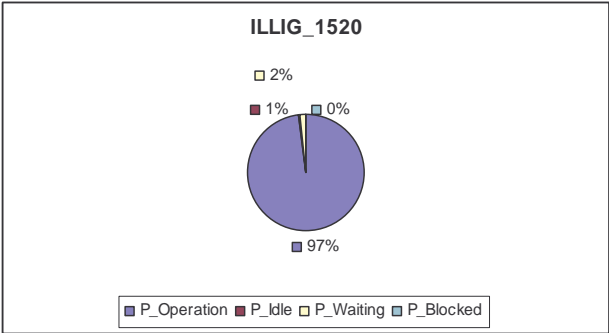
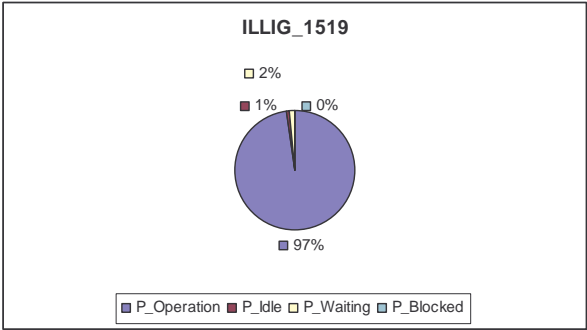
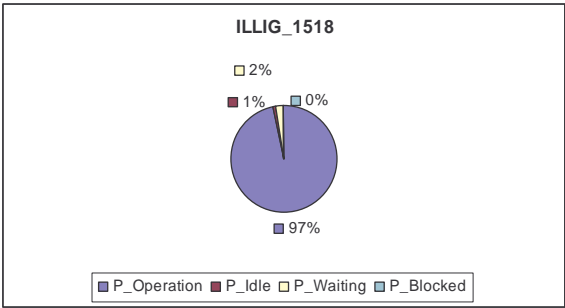
884 cajas van a bodega de producto en blanco.

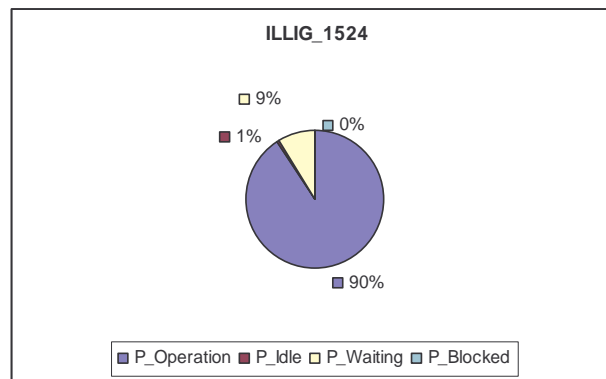
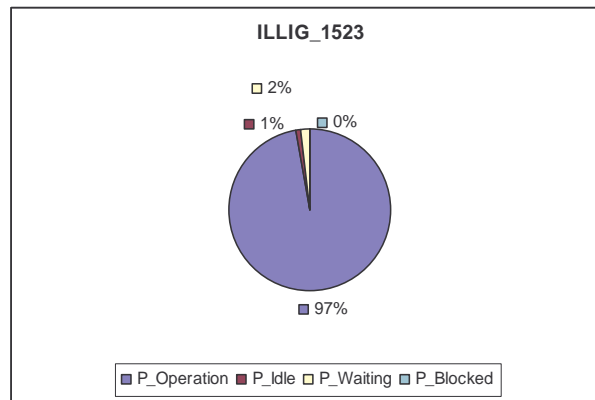
11 cajas van a Despacho (producto sin impresión)

Como se puede apreciar en la Figura 13, Capacidad usada de las Termoformadoras, las máquinas se encuentran trabajando promedio en un 95% de su capacidad, por lo tanto estas podrían fabricar más de 895 cajas por día como muestra la simulación

**Figura 13.** Capacidad usada de las termoformadoras de alta







#### 4.2.2.3. Impresión:

**Tabla 26.** Producción promedio Impresión en 24 horas de simulación

Máquina	Producción Promedio	Número estibas día
1553	311	12
1554	214	9
1555	194	8
<b>Total</b>	<b>731</b>	<b>29</b>

Los rendimientos de las máquinas 1553 y 1554 (en número de estibas por día) están por encima de los dados por el analista de inventarios de la empresa. Estos rendimientos se pueden verificar observando los Anexos 6 y 7 en los cuales se

presentan los rendimientos en cajas/día de acuerdo al peso del producto que se procesa.

Movimiento de materiales:

731 Cajas entraron desde BPB

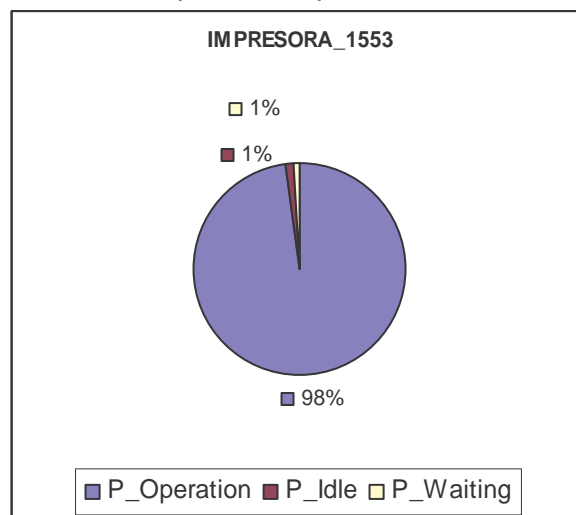
706 Cajas impresas (25 cajas se quedaron sin impresión)

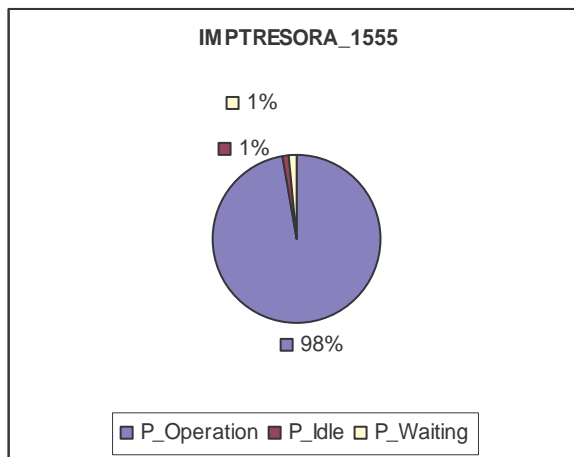
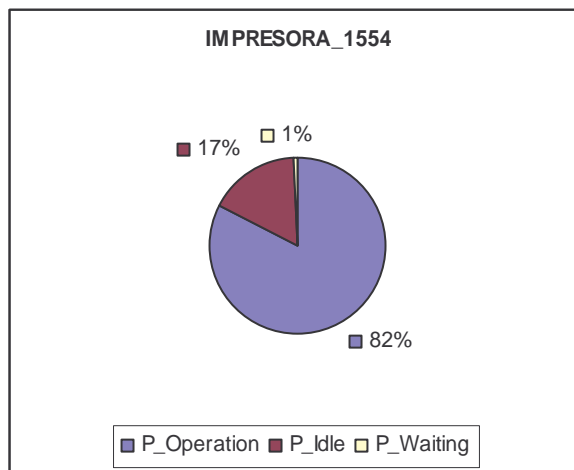
701 Cajas se estiban (5 cajas se quedan sin estibar).

669 Cajas entran a Despacho (32 cajas se quedan esperando)

Las impresoras 1553 y 1555 trabajaron a un 98% de su capacidad, mientras que la impresora 1554 sólo a un 82% y el 18% restante estuvo desocupada en espera de trabajo, ver figura 14.

**Figura 14.** Capacidad usada por las impresoras





#### 4.2.2.4. Termoformadoras RDKP:

**Tabla 27.** Producción promedio Termoformado RDKP en 24 h de simulación

Máquina	Producción promedio Cajas/día	Número de estibas
R72	49	2
R54	54	3
<b>Total</b>	<b>103</b>	<b>5</b>

El número de cajas/día por máquina está por encima de los rendimientos dados por la empresa (33 y 35 cajas/día) para comprender esta diferencia es preciso

observar la Tabla 14, Rendimientos esperados en las RDKP en la cual se presentan los rendimientos en cajas/día de acuerdo al peso del producto que se procese.

Movimiento de materiales:

3 rollos entraron desde bodega de láminas

103 Cajas manufacturadas

101 cajas van a Despacho, dos en espera

**4.2.3. Simulación de una semana de trabajo:** se simularon 154 horas de trabajo por semana y se realizaron 12 corridas, por lo tanto los valores que se tratan más adelante son valores promedio.

**4.2.3.1. Impresión:** (días de 22 Horas)

**Tabla 28.** Producción promedio Impresión en 154 horas de simulación

<b>Máquina</b>	<b>Producción promedio Cajas/día</b>	<b>Número de estibas</b>
1553	332	13
1554	222	9
1555	200	30
Total	754	30

Movimiento de materiales (154 Horas/semana):

5276 Cajas entraron desde BPB

5273 Cajas impresas (3 cajas se quedaron sin impresión)



5270 Cajas se estiban (3 cajas se quedan sin estibar).

5250 Cajas salen a Despacho (20 cajas se quedan esperando)

Las tres impresoras trabajaron en un rango del 93% al 96% de su capacidad.

#### 4.2.3.2. Termoformadoras de alta:

**Tabla 29.** Producción promedio Termoformado de alta en 154 h de simulación

<b>Máquina</b>	<b>Producción promedio Cajas/día</b>	<b>Número de estibas</b>
1515	90	4
1516	82	4
1517	85	4
1518	89	4
1519	88	4
1520	92	4
1521	126	5
1523	88	4
1524	91	4
<b>Total</b>	<b>831</b>	<b>34</b>

#### Movimiento de materiales:

126 rollos entraron desde Bodega lamina, 9 sin procesar,(2Rollo/día/Máq.)

5824 Cajas manufacturadas / semana

5815 cajas se estiban (9 cajas se quedan sin estibar).

63 cajas salen a despacho (sin impresión).

#### Uso de la capacidad:

Las nueve (9) termoformadoras trabajaron en un rango de 92% al 97%

#### 4.2.3.3. Extrusión:

**Tabla 30.** Producción promedio Extrusión en 154 horas de simulación

<b>Movimiento de Bodega de Lámina</b>	<b>Cantidad</b>
Inv. Inicial	100 rollos
+ Extrusora 1501	produce 75 rollos
+ Extrusora 1502	produce 63 rollos
- Entrega Termo a T_Alta	126 rollos
-Entrega a RDKP	21 rollos
<b>=Inventario Final</b>	<b>91 rollos</b>

Al finalizar las 12 corridas el inventario final de rollos fue de 91 unidades.

Cada rollo pesa 600Kg, para un total de 12 Toneladas promedio, en 22 horas de producción. Los valores mínimos y máximos de producción oscilan entre 70 y 80 rollos por semana para la Extrusora 1501 y entre 120 y 136 para la extrusora 1502. Los porcentajes de ocupación para las dos extrusoras es del 99% en promedio.

#### 4.2.3.4. Termoformadoras RDKP:

Producción Promedio por maquina:

**Tabla 31.** Producción promedio Termoformado RDKP en 154 h de simulación

<b>Máquina</b>	<b>Producción promedio Cajas/día</b>	<b>Número de estibas</b>
R72	44	2
R54	59	3
<b>Total</b>	<b>103</b>	<b>5</b>

Movimiento de materiales:

21      rollos entraron desde bodega de láminas, 2 sin procesar

715    cajas manufacturadas

690    cajas van a Despacho, 25 en espera

La capacidad utilizada de estas dos máquinas en promedio fue del 95%

#### 4.2.3.5. Termoformadoras De Baja

Producción Promedio por maquina:

**Tabla 32.** Producción promedio Termoformado de baja en 154 h de simulación

<b>Máquina Termoformadora</b>	<b>Producción (láminas /día)</b>
Taiwanesa:	1181
Illig grande	1424
Autovac	1464
Illig 1187	775
Illig 1184:	1117
<b>Total</b>	<b>5961</b>

Movimiento de materiales:

122      rollos entraron desde bodega de MP, 5 no se procesaron

41723    Láminas manufacturadas

835      cajas

41      Estibas    van a las Krausser

Con un rango de ocupación promedio que va desde 73 al 95%

#### 4.2.3.6. Troqueladoras Krausser

**Tabla 33.** Producción promedio Krausser en 154 h de simulación

<b>Máquina Troqueladora</b>	<b>Producción (láminas /día)</b>
Krausser 1	1155
Krausser 2	890
<b>Total</b>	<b>2045</b>

#### Movimiento de materiales:

14.317      láminas entraron al proceso

337.043      Unidades manufacturadas

## 5. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

### 5.1 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

**Desarrollo de la propuesta:** debido a los cambios paulatinos presentados en la compañía se hizo necesario realizar catorce (14) propuestas de distribución en planta hasta poder llegar finalmente a una que satisficiera todos los requerimientos del proceso y del personal del área productiva y directiva de la organización.

Las nuevas alternativas se concibieron pensando en la posibilidad de que en un futuro cercano las dos compañías productoras de artículos plásticos quedaran juntas.

Los parámetros a considerar para la distribución en planta son los principios básicos de la integración, de mínima distancia recorrida, de circulación de flujos de materiales, de utilización de espacio cúbico, de la seguridad y de la flexibilidad; además del método de eslabones que se utiliza para generar las diferentes alternativas trabajadas.

**5.1.1. Análisis de factores de distribución:** para llevar a cabo todo el proceso de distribución fue necesario hacer un minucioso estudio de las diferentes áreas y procesos teniendo en cuenta la cantidad de: materia prima, producto en proceso y producto terminado que aquí se maneja.

En la realización de la distribución en planta se siguieron modelos y técnicas propias para lograr una eficaz y eficiente organización de cada uno de los factores que intervienen en ella y de esta manera optimizar tanto herramientas, como espacio y dinero.

El estudio y posterior desarrollo de la distribución tuvo como base fundamental el análisis de los ocho factores de distribución para evitar el impacto negativo de uno de ellos en la nueva distribución. Estos factores son el Material, la maquinaria, el hombre, el movimiento – manejo de materiales, La espera - almacenamiento, el servicio, el edificio y el cambio.

- El factor material estableció las directrices para evitar piezas averiadas, estropeadas o destruidas en proceso, eliminar las entregas inter departamentales lentas. Artículos voluminosos, pesados o costosos, movidos a mayores distancias que otros más pequeños más ligeros o menos caros. Análisis del tiempo excesivamente prolongado de permanencia del material en proceso, en comparación con el tiempo real de operación.

- El factor maquinaria permitió determinar las maquinarias que tenían un porcentaje más alto de actividad, aspecto dimensional, condiciones ambientales, de manejo y de precedencia.
- El factor hombre definió manejo de condiciones de trabajo seguras, establecer con claridad sus actividades para definir apropiadamente áreas de trabajo y de circulación.
- El factor movimiento - manejo de materiales, permitió encontrar retrocesos y cruces en la circulación de materiales, identificar donde se invertía gran proporción del tiempo en recoger y dejar materiales o piezas, frecuentes acarreos y levantamientos a mano; frecuentes movimientos de levantamiento y traslado que implicaban esfuerzo o traslados de larga distancia y demasiado frecuentes . Igualmente se pudo identificar donde se generaba la mayor congestión en los pasillos y los manejos excesivos.
- El factor Espera – almacenamiento, da las pautas para aprender a corregir los altos almacenamientos de grandes cantidades de producto en diferentes zonas de la planta. Al igual que establecer cuales son las zonas que presentan almacenaje disformes o con alto grado de confusión y también donde existe manejo excesivo en las áreas de almacén o repetición de las operaciones de almacenamiento.

- El factor servicio, permitió definir que movimientos realizar para no reubicar las áreas de servicio auxiliar como son los baños, enfermería, mantenimiento, puntos de inspección o control etc. para no causar un posterior deterioro en la calidad de vida de las personas que laboran en la organización.
- El factor edificio, tuvo que ver con la identificación de pasillos principales, pasos y calles, estrechos o torcidos a mejorar. Las paredes, construcciones o ampliaciones que se debían realizar para mejorar el flujo de planta.
- El factor cambio, se tuvo bastante en cuenta para el diseño de planta ya que constantemente se realizaron modificaciones de los diseños realizados por adquisición de maquinarias y equipos, cambios en la estructura de la organización y la fusión de las dos plantas productoras de plástico.

**5.1.2. Análisis de recorridos para las diferentes alternativas utilizando el método de eslabones:** para realizar el estudio se seleccionaron cuatro productos representativos que involucran todos los procesos de todas las áreas y con los que se evaluaron las alternativas sugeridas para redistribución. Tales productos son:

1. Vaso Industrial
2. Tarrina



3. Desechable
4. Diálisis

Las áreas a trabajar se organizaron de la siguiente manera:

- A. Bodega de Materia Prima
- B. Extrusión
- C. Termoformado de Alta
- D. Termoformado de Baja
- E. Termoformado Moderna
- F. Troquelado
- G. Impresión
- H. Bodega de Producto en Blanco
- I. Despacho

Secuencia de elaboración de cada producto teniendo en cuenta la nomenclatura anterior:

**Tabla 34:** Secuencia De Elaboración De Los Diferentes Productos

Prod. 1		Prod.		Prod. 3		Producto 4	
Vaso Ind.		Tarrina		Desechable		Diálisis	
Secuencia	Eslabón	Secuencia	Eslabón	Secuencia	Eslabón	Secuencia	Eslabón
A		A		A		A	
B	AB	B	AB	B	AB	B	AB
C	BC	C	BC	E	BE	D	BD
H	CH	H	CH	I	EI	F	DF
G	HG	G	HG			I	FI
I	GI	I	GI				

Esto significa que:

El producto 1. **Vaso Industrial:** inicia su proceso de transformación en el puesto de trabajo A (Bodega de Materia Prima), de aquí pasa a B (Extrusión), después a C (Termoformado de Alta), H (Bodega de Producto en Blanco), G (Impresión), y termina finalmente su proceso en I (Despacho).

El producto 2. **Tarrina:** se empieza a fabricar en el puesto de trabajo A, de aquí pasa a B, después a C, H, G, y termina finalmente su proceso en I.

El producto 3. **Desechable:** se empieza a fabricar en el puesto de trabajo A, pasa a B, después a E y por ultimo a I.

El producto 4. **Diálisis:** inicia su proceso de fabricación en el puesto de trabajo A, pasa a B, D, F, terminando su fabricación en I.

Para comprobar la frecuencia de aparición de cada eslabón, se construye una tabla de doble entrada (Tabla 34), donde se colocan en columnas los diferentes puestos de trabajo y, en filas, los mismos en orden inverso. Así pues, cada casilla viene definida por un par de letras; en cada una anotamos con una raya los diferentes eslabones que nos aparezcan. Así, empezando por el producto 1, nos encontramos en primer lugar el eslabón AB, que marcamos en el cuadro correspondiente. Buscamos la intersección entre la columna A y la fila B y colocamos una señal en la casilla. A veces, cuando buscamos la posición de un

determinado eslabón, la intersección entre la columna y la fila queda fuera de la tabla. Es el caso, por ejemplo, del eslabón CH (fila C, columna H) de este mismo producto. Ya que consideramos igual el movimiento en ambos sentidos, invertimos el orden y buscamos la unión entre la columna C y la fila H.

El resultado de este proceso, se puede observar en la Tabla 34

**Tabla 34:** Frecuencia de aparición de cada eslabón

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
I					I	I	II		4	
H			II				II	4		
G							4			
F				I		2				
E		I			2					
D		I		2						
C		II	4							
B	III	8								
A	4									

En la Tabla 34, en la diagonal aparecen resaltados el número de eslabones que empiezan o acaban en cada puesto de trabajo. Se han calculado sumando el número de señales que aparecen en su fila y columna correspondientes. Por ejemplo, el número 2 que aparece en la casilla DD es el resultado de sumar la señal que aparece en su columna con la señal que hay en su fila.

Para llevar a cabo una adecuada distribución con este método, las áreas deberán disponerse de forma tal que las correspondientes a los eslabones que tengan mayor número de uniones estén situadas unas junto a otras, hasta obtener la combinación más satisfactoria como se puede ver en las figuras 16, 17 y 18.

### **5.1.3. Alternativas de redistribución en planta**

**5.1.3.1. Análisis de recorridos para las diferentes alternativas:** la Tabla 5 es una tabla comparativa, donde se presentan las distancias en metros que se recorren entre uno y otro departamento, para cada uno de los productos tomados en el análisis, comparando las opciones generadas (que incluyen la nueva compañía) y la distribución inicial que presenta la compañía actualmente.

Esta metodología es base fundamental del gráfico de eslabones empleado para establecer la secuencia de recorridos en el proceso de fabricación.

La opción 1 presentada en la Tabla 35 establece la distribución mejorada de la planta entrante y actual. Genera menor recorrido por tanto es la mejor opción.

La opción 2 es una alternativa que contempla la ampliación de Bodega de producto terminado al igual que la anterior, a una distancia más grande presentado esta opción mayor recorrido.

Los recorridos del estado inicial de la distribución actual de la planta presentan menores distancias pero hay que tener en cuenta que esta no incluye la empresa a fusionarse y toda su infraestructura.

**Tabla 35:** Distancia Entre Las Diferentes Áreas (Planta Actual).

**PRODUCTO 1: VASO INDUSTRIAL**

	Opción 1(m)	Opción 2(m)	INICIAL(m)
AB	39.84	39.84	34
BC	24.64	29.64	16
CH	29.05	29.05	42
HG	29.06	35	67
GI	36.52	43	20
	159.110	171.53	179

**PRODUCTO 2: TARRINA**

	Opción 1(m)	Opción 2(m)	INICIAL(m)
AB	39.84	39.84	34
BC	24.64	29.64	16
CH	29.05	29.05	42
HG	29.06	35	67
GI	36.52	43	20
	159.110	171.53	179

**PRODUCTO 3: DESECHABLE**

	Opción 1(m)	Opción 2(m)	INICIAL(m)
AB	39.84	39.84	34
BE	27.6	34	35
EI	63.25	67	21
	130.69	140.84	90

**PRODUCTO 4: DIALISIS**

	Opción 1(m)	Opción 2(m)	INICIAL(m)
AB	39.84	39.84	34
BD	39.31	49	17
DF	1	1	1
FI	80	80	66
	160.65	169.84	118

**Sumatorias de las diferentes opciones:** para determinar la mejor opción arrojada mediante este análisis, realizamos las respectivas sumatorias de los cuatro productos (sus totales en cada una de las opciones).

**Opción 1:**  $159.11+159.11+130.69+160.65= 609.56$  m.

**Opción 2:**  $171.53 + 171.53 + 140.84 + 169.84 = 653.074$  m.

**5.1.3.2. Determinación del arreglo físico final:** puede determinarse la superficie necesaria de cada taller a partir del número de máquinas y sus dimensiones, los equipos por instalar y el espacio necesario para el almacenamiento temporal. La forma y dimensiones de cada puesto de trabajo se establecen a partir de la distribución física de los elementos.

Ello significa que antes de pensar en la distribución física global y final, debe determinarse la distribución física interna de cada división.

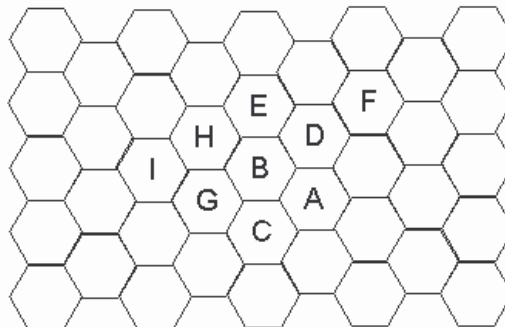
El gráfico de Alvéolos permite tener una apreciación de cómo quedará la distribución de la planta una vez aplicado el método de eslabones. Los alvéolos son complementarios y muestran de una manera particular el arreglo esquemático

Las figuras 15, 16 y 17 presentan el arreglo esquemático para las opciones de distribución presentadas anteriormente.

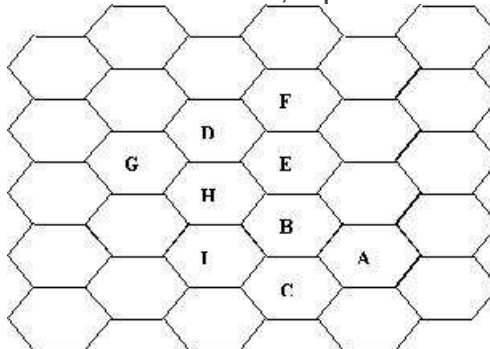
Se procede a cortar los trozos de láminas que representan en una escala reducida las dimensiones y forma geométrica de cada taller.

Posteriormente estas formas se arreglan según su posición relativa a fin de obtener un arreglo físico final.

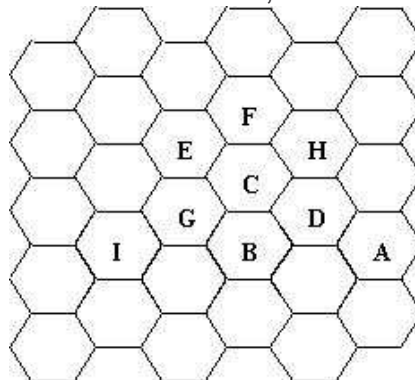
**Figura 15:** Arreglo esquemático de talleres, Opción 1



**Figura 16:** Arreglo esquemático de talleres, Opción 2



**Figura 17:** Arreglo esquemático de talleres, Actual



**5.1.4. Análisis de la alternativa que arrojó mejores resultados:** la opción que arrojó mejores resultados es la opción 1, obteniéndose las siguientes mejoras:

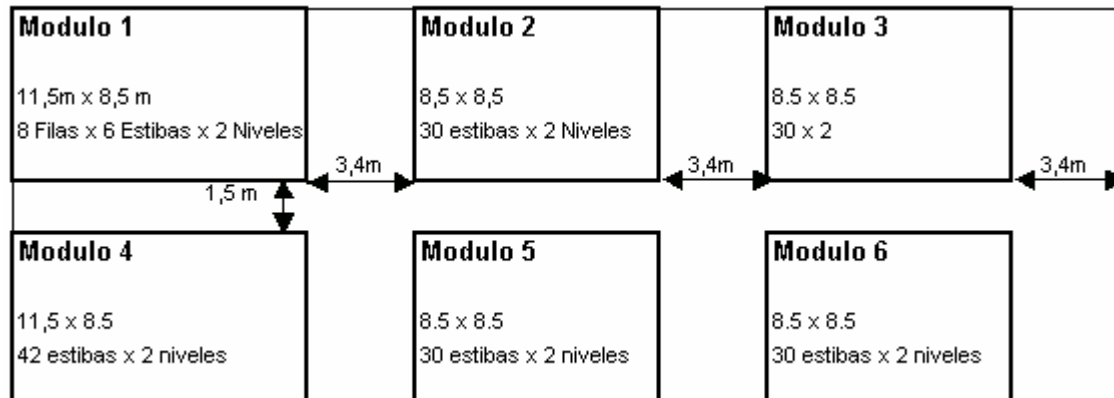
- Ampliación del área de almacenamiento de producto terminado de 298 metros cuadrados a 738 metros cuadrados, con una capacidad de 204 estibas por nivel, es decir 408 estibas en total (Ver Figura 18). Para efectuar el cálculo del área, se tuvo en cuenta la rotación de inventario de tipo semanal, con promedio de tres días para producción nacional, y de una por mes para exportación. Además de ello, los clientes cuya producción queda retenida por inconvenientes de pagos. Ver Cálculos en el Anexo 1.

En la figura 18 y 19 se presenta el arreglo físico final de las bodegas de producto terminado y Bodega de producto en blanco respectivamente. Actualmente se maneja el arrume a un nivel y las propuestas dadas utilizarán dos niveles con el fin de aprovechar el espacio cúbico disponible.

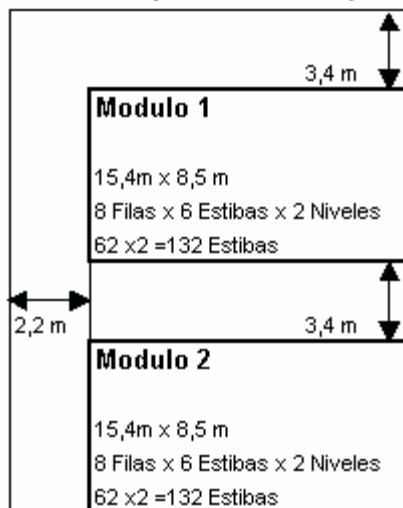
- La Bodega de producto terminado contará con seis módulos, con pasillos entre módulos de 3.4m. (Para permitir maniobrabilidad de los montacargas al retirar productos del segundo nivel) y 1.5m.



**Figura 18.** Patrón de almacenamiento sugerido para despacho.



**Figura 19.** Patrón de almacenamiento sugerido en bodega de producto en blanco.



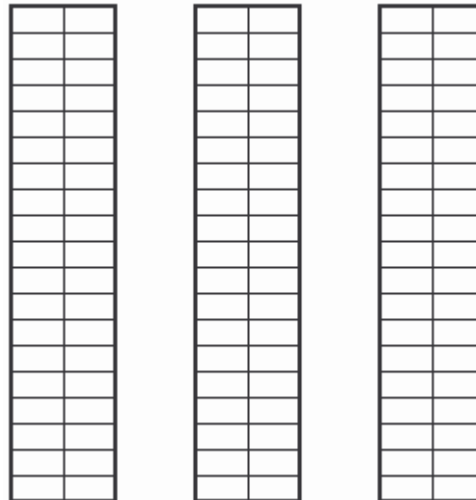
- Organización y ampliación del área de remolido, la cual se calculó para 360.000 Kg. con un 17.6% como margen de seguridad, es decir 400.000 Kg. en total. Dicha capacidad es para las dos plantas, con ello se logra utilizar apropiadamente el espacio y mejorar el flujo productivo ya que se debe almacenar por tipo, por color y por fecha, generando como resultado agilidad en la entrega del remolido evitando el vencimiento de materiales. El área sugerida empleada para el departamento de remolidos es de 494 metros cuadrados,

donde se pueden almacenar 200 contenedores de madera con tapa, de dimensiones: 1.2 m x 1.2 m x 1.2 m en 4 niveles (456 en total); dichos contenedores se diseñaron en madera con refuerzo especial, con una capacidad de almacenamiento de 500 Kg. cada uno y soporte carga de 2000kg.

Mediante esta propuesta se logra reducir 31 m<sup>2</sup> el área actual de 525 m<sup>2</sup> incluyendo además los remolidos de las dos plantas

La ubicación sugerida de la bodega se puede observar en la figura 20

**Figura 20.** Bosquejo de la ubicación en bodega de MP para los Remolidos



La distancia ocupada verticalmente se plantea de 26 m. con sus respectivos pasillos de 3 m cada uno y la distancia horizontal de 19 m. también con los pasillos correspondientes.

- Ubicación de la oficina de estadística en un segundo nivel para emplear área en la reubicación y ampliación de la bodega de producto terminado.
- Ampliación de la bodega de materia prima en un 50% para emplearla en el almacenamiento de la nueva planta (zona derecha de materia prima).
- Ubicación de los molinos en el área de remolido para mejorar los recorridos, disminuir los ruidos en la planta a causa del funcionamiento de estas maquinas y disminuir la contaminación de los productos a causa de las partículas (polvillo) generadas en el proceso de recuperación del scrap.
- La distribución tuvo como base fundamental la organización por departamentalización, por tal motivo se ubicaron todas las máquinas por especialidad.
- En el departamento de Extrusión se dejó un área de almacenamiento de 127 metros cuadrados, los cuales tienen capacidad para 168 rollos de lámina.
- La bodega de almacenamiento de producto en blanco se ubicó contiguo al área de producto terminado, para un mejor manejo y control de ésta.

- El prealistamiento de impresión se reubicó en el área ocupada por el salón de reuniones, para garantizar con su cercanía a impresión, el continuo suministro de materiales e insumos para el proceso de impresión.
- La bodega de producto en blanco se estableció con un área de 330 metros cuadrados y una capacidad de 132 estibas por nivel, es decir 264 estibas en total.
- En la parte posterior al departamento de impresión se dejó un área de 94.8 metros cuadrados para la ubicación de máquinas fajadoras que próximamente adquirirá la compañía.

## **5.2. SIMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO**

**5.2.1 Simulación de diferentes valores de inventario de la empresa actual:** el análisis de los niveles de inventarios se realizó a través de la generación de simulaciones consecutivas de 154 horas con ocho (8) replicas, que incluían la reducción sistemática de sus valores iniciales con el fin de llegar al valor óptimo. A continuación se presenta el análisis de las bodegas de lámina y producto en blanco, ya que estas fueron el objetivo de estudio.

- **Bodega de láminas:** Para esta bodega se realizaron reducciones sistemática del 17 % desde el nivel actual hasta el 100 %, es decir cero inventarios y los resultados se pueden ver en el anexo 8 (resultado de la reducción de inventarios en la bodega de lámina).

Como conclusión se puede decir que con una reducción del 50 % de inventarios las maquinas termoformadoras de alta y moderna trabajan en promedio a un 95.713 % de su capacidad, siendo aún posible bajar el inventario a un 42 % con un porcentaje de operación de 94.752 %

En el Anexo 9 se pueden observar las tablas: nivel de producción de las termoformadoras reduciendo el nivel de inventario de la bodega de lámina, en las cuales se ve el número de láminas procesadas y el numero de cajas producidas por cada una de ellas en una semana con sus respectivos tiempos de ciclo promedio que hace referencia al tiempo que se demora cada lamina en entrar a una termoformadora y el tiempo de salida de una caja de producto en blanco.

Cabe anotar que estos tiempos de ciclo varían de acuerdo a la orden de producción (tipo de producto) que se elaboren en cada corrida de simulación. Por ejemplo, a la maquina 1515 le ingresaron rollos cada 641.22 minutos (en promedio) con un inventario inicial de 25 toneladas. Con 30 toneladas de inventario inicial el tiempo de entrada por rollo es de 732.87 minutos (cuando se

espera que este tiempo disminuya), esta diferencia es debido a la mezcla de productos que se generó para las diferentes corridas de la simulación.

Con un inventario inicial de cero (0) toneladas, al terminar una semana de trabajo, el inventario final (promedio) de la bodega de lámina es de 16.87 rollos y si observamos el anexo 10 encontramos que existe una relación directamente proporcional entre el inventario inicial y el inventario final, ya que los inventarios finales van aumentando conforme los inventarios Iniciales van creciendo.

- **Bodega de producto en blanco:** el análisis de los niveles de inventarios de esta bodega se realizó a través de la generación de simulaciones consecutivas de 154 horas con ocho (8) replicas, el inventario inicial se fue reduciendo sistemáticamente en un porcentaje de 10% (desde un 20% del estado actual: 2687 cajas) hasta llegar a cero (0) inventario inicial. Ver el Anexo 11. Estas corridas se realizaron con el cambio de 30 toneladas de inventario inicial de láminas concluido anteriormente.

Como conclusión se puede decir que con un nivel de reducción del 50% del inventario inicial, las maquinas impresoras trabajan a un 95.4% de su capacidad, este porcentaje es un poco alto ya que no se incluyeron en la simulación los tiempos de alistamiento y los tiempos de paro de maquinas por daños.

En el Anexo 12 se pueden observar las tablas: nivel de producción de las impresoras reduciendo el nivel de inventario de la bodega de producto en blanco, en las cuales se ve el número de cajas procesadas y el tiempo de ciclo (promedio) por cajas, para cada una de las impresoras en una semana de 154 horas de trabajo.

**5.2.2. Simulación del conjunto con la llegada de la nueva empresa:** en la figura 21 se presenta el plano del conjunto con los requerimientos de almacenamiento concentrados por área.

Los parámetros que se tuvieron en cuenta para la simulación de la planta entrante fueron exactamente los mismos que se utilizaron para la planta actual, ya que son dos negocios similares en procesos.

Figura 21. Propuesta de mejoramiento



### 5.3. PLANEACIÓN

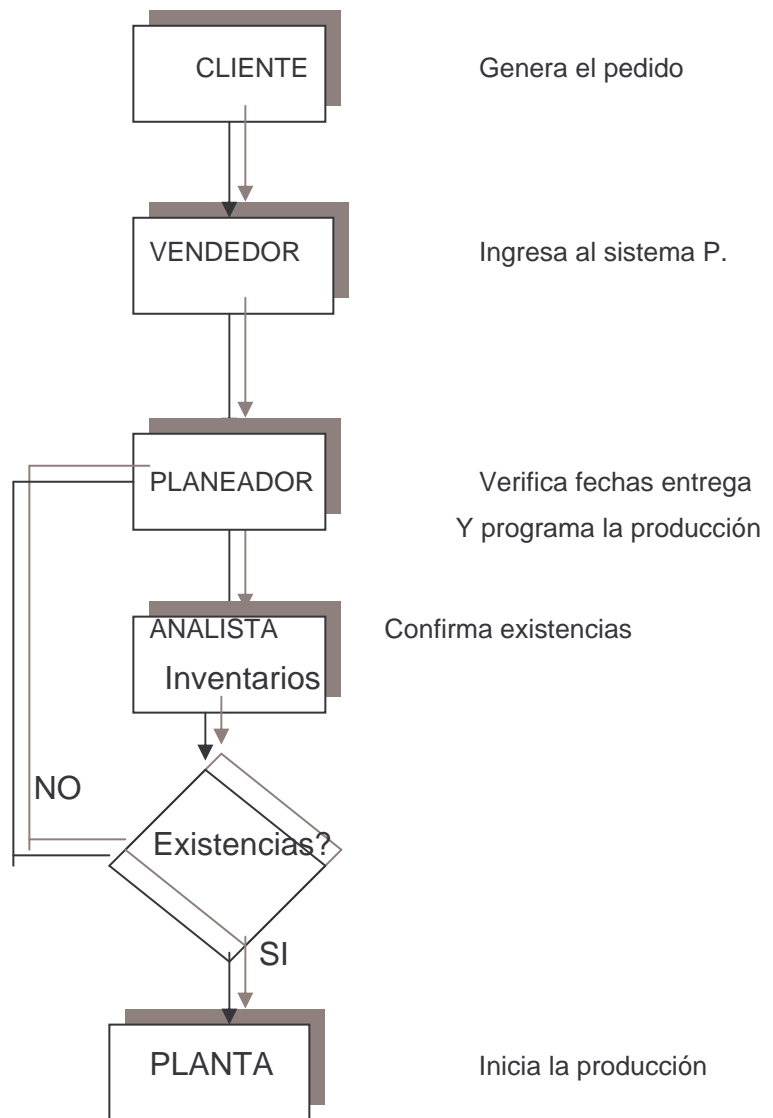
Los paros de producción por falta de materiales se pueden corregir creando un nuevo procedimiento para planear la producción que involucre al analista de inventarios. Se sugiere el procedimiento ilustrado en la figura 22. El Planeador debe verificar antes de programar la producción, la disponibilidad y estado de los moldes, se sugiere adicionar a su procedimiento una retroalimentación con el taller de moldes para garantizar el flujo armónico del sistema.



#### 5.4. MANEJO DE INFORMACIÓN

Los problemas de manejo de información entre departamentos se solucionarán con un sistema de información tipo ERP que integre los eslabones de la cadena de abastecimiento de la empresa. Este proceso requiere capacitar al personal, cambio de cultura organizacional y cambio de plataforma técnica si es necesario.

**Figura 22.** Procedimiento sugerido para verificación de materiales.



## **CONCLUSIONES GENERALES DEL PROYECTO.**

- Ampliación del área de almacenamiento de producto terminado de 298 mt<sup>2</sup> a 738mt<sup>2</sup> con capacidad total de 408 estibas en dos niveles, generando mejora de flujos por su centralización y seguridad para los trabajadores al despejar los pasillos de evacuación.
- Establecimiento de una distribución mejorada que permite la eliminación de contraflujos, reducción de recorridos entre centros de trabajo y bodegas; derivado del análisis de recorridos y secuencia de operaciones.
- Ahorro de espacio (31m<sup>2</sup>) y mejoramiento de almacenamiento en el área de remolidos. Desocupando y utilizando área con maquinaria fuera de uso y otros.
- Optimización del área de bodega de producto en blanco incorporando almacenamiento en dos niveles.
- Se recomienda a la empresa en cuestión una reducción del 50% tanto para la Bodega de Lamina como para la Bodega de Producto en Blanco.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**MUTHER, Richard.** Distribución en planta. España :Editorial Hispano Europea, 1977. 472 P.

**MACHUCA, José Antonio.** Dirección de operaciones. España :Editorial Mc. Graw Hill, 1995. 503 P.

**PIERRE, Michel.** Distribución en planta. España :Ediciones Deusto, 1975. 134 P.

**SHCROEDER, Roger.** Administración de operaciones. México :Editorial Mc. Graw Hill, 2002. 855 P.

## ANEXO 1

### Calculo de almacenamiento necesario en despacho

#### Almacenamiento / Semana

##### Plástica:

##### **Nacional:**

Promedio est. / día = 34

Rotación Inventario = 3 veces / semana

Días / semana = 8

→ Número de días que se despacha: 3

$\Delta$  = 5 días de almacenamiento

34 estibas x 5 días = **170 estibas / semana**

##### **Exportación:**

89 estibas /mes /30 días = 3 estibas día

Rotación Inventario: 2 veces / mes

3 estibas/ día x 8 días = **24 estibas / semana**

##### **Cientes Suspendidos:**

**14 estibas / semana**

**TOTAL ESTIBAS:** 170 + 24+ 14 + (metálica = 65+24) = **297 estibas/semana**

Para establecer el área de almacenamiento de producto terminado, se trabajó en dos niveles con base al siguiente patrón de arrume:

- Módulos de 8.5mt de largo por 8.5 de ancho, con una capacidad de 60 estibas por nivel.
- Pasillos de 3.5 m. de ancho por 8.5 m. de largo después de cada módulo.

El cálculo del área total requerida en Despacho se efectuó de la manera siguiente:

$$\frac{297 \text{ estibas /semana}}{60 \text{ est. / módulo (2 nivel)}} = 5 \text{ módulos} \implies 72.25\text{mts}^2 \times 5 = \mathbf{361.25\text{mt}^2}$$

60 est. / módulo (2 nivel)

$$\text{Pasillos: } 4 \times 29.75\text{mt}^2 \implies$$

$$\mathbf{119 \text{ mt}^2}$$

<b>Total área: 480.25mt<sup>2</sup></b>
---



Esta es el área de almacenamiento para la empresa, pero a futuro se empleará el doble de área para albergar el producto de la nueva empresa, por tanto el área necesaria se estima en el doble de la calculada; generando entonces **962mt<sup>2</sup>**.

## ANEXO 2

### Rendimientos para Termoformado de Alta

#### 2.1 PESO 28 gr. En PS

BASE 1000G Genérica	PESO 28gr_PS				
	Media	0,001519475			
	Error típico	3,70424E-05			
	Mediana	0,001289243			
	Moda	0,001201923			
	Desviación estándar	0,000705753			
	peso	Peso	rendimiento	rendimiento	rendimiento
unds/caja	Basex1000g	Caja	min. / gr	min/caja	cajas/día
462	28	12936	0,001519475	19,656	67,2

**2.2 PESO 24.7 gr. En PP:** para este producto se generó un promedio, pues no se disponía de suficientes datos para generar la función Normal.

PESO 24,7	0,002796287	Promedio	PP		
BASE 1 litro	peso	Peso	rendimiento	rendimiento	rendimiento
Unds/caja		Caja	min. / gr	min/caja	cajas/día
462	24,7	11412	0,0027962871	31,9112281	41,4

### 2.3 PESO 21.3 gr. En PS

Media		0,000953061			
Error típico		3,24271E-05			
Mediana		0,000897059			
Moda		#NBA			
Desviación estándar		0,000174626			
BASE 1 litro	peso	Peso	rendimiento	rendimiento	rendimiento
	Unds/caja	Caja	min. / gr	min/caja	cajas / día
480	21,3	10224	0,0009530613	9,74409853	135,5

### 2.4 PESO 16.7 gr. En PP

Media		0,001667646			
Error típico		7,49579E-05			
Mediana		0,001663599			
Moda		#NBA			
Desviación estándar		0,000335222			
VASO 4 BASE 400G	peso	Peso	rendimiento	rendimiento	rendimiento
	Unds/caja	Caja	min. / gr	min/caja	cajas / día
480	16,7	8016	0,0016676460	13,3678506	98,7

### 2.5 PESO 16.5 gr. En PP

Media		0,000991826			
Error típico		1,78417E-05			
Mediana		0,000999577			
Moda		#NBA			
Desviación estándar		0,000159581			
Genérica BASE 500G	peso	Peso	rendimiento	rendimiento	rendimiento
	Unds/caja	Caja	min. / gr	min/caja	cajas / día
540	16,5	8910	0,000991826	8,84	149,4

## 2.6 PESO 14 gr. En PP

Media	0,002273017
Error típico	5,98448E-05
Mediana	0,002310647
Moda	#NBA
Desviación estándar	0,000327784

TAPA 1000	peso	Peso	rendimiento	rendimiento	rendimiento
unds/caja		Caja	min. / gr	min/caja	cajas/día
462	14	6468	0,002273017	14,70	89,8

## 2.7 PESO 13.7 PS

Media	0,001323267
Error típico	7,16158E-05
Mediana	0,001261211
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,000226469

BASE 1/2 Lit	peso	Peso	rendimiento	rendimiento	rendimiento
unds/caja		Caja	min. / gr	min/caja	cajas/día
540	13,7	7398	0,001323267	9,79	134,8

## 2.8 PESO 12 GR PS

Media	0,001802446
Error típico	9,81655E-05
Mediana	0,001550099
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,000510083

VASO 3					
BASE 500	peso	Peso	rendimiento	rendimiento	rendimiento
unds/caja		Caja	min. / gr	min/caja	cajas/día
648	12	7776	0,001802446	14,02	94,2



**2.9 PESO 11 gr. En PP:** para este producto se generó un promedio, pues no se disponía de suficientes datos para generar la función Normal.

**PESO 11\_PP** 0,0031152806

TAPA 1000

Base 16 oz.	peso	Peso	rendimiento	rendimiento	rendimiento
Unds/caja		Caja	min. / gr	min/caja	cajas/día
462	11	5082	0,003115281	15,83	83,4

Media 0,001358555

Error típico 4,29174E-05

Mediana 0,001278409

Moda 0,001201923

Desviación estándar 0,000346011

BASE 250	peso	Peso	rendimiento	rendimiento	rendimiento
unds/caja		Caja	min. / gr	min/caja	cajas/día
960	10	9600	0,001358555	13,04	101,2

**2.11 PESO 9,8\_PS**

Media 0,001424833

Error típico 0,000169095

Mediana 0,001165291

Moda #N/A

Desviación estándar 0,000910606

Varianza de la muestra 8,29204E-07

VASO	peso	Peso	rendimiento	rendimiento	rendimiento
unds/caja		Caja	min. / gr	min/caja	cajas/día
1500	9,8	14700	0,001424833	20,95	63,0

**2.13 PESO 9\_PS**

Media	0,002624914
Error típico	0,000106821
Mediana	0,002885036
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,001013397

TAPA 500

VASO 200G	peso	Peso	rendimiento	rendimiento	rendimiento
unds/caja		Caja	min. / gr	min/caja	cajas/día
900	9	8100	0,002624914	21,26	62,1

**2.14****PESO 8,5\_PS**

Media	0,002077107
Error típico	0,000143412
Mediana	0,002174409
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,000555434

Base, vaso					
TAPA VASO 4	peso	Peso	rendimiento	rendimiento	rendimiento
unds/caja		Caja	min. / gr	min/caja	cajas/día
1102	8,5	9367	0,002077107	19,46	67,8

**2.15 PESO 7,8\_PS**

Media	0,001256476
Error típico	5,00745E-05
Mediana	0,001205508
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,000332157

VASO 200	peso	Peso	rendimiento	rendimiento	rendimiento
unds/caja		Caja	min. / gr	min/caja	cajas/día
1380	7,8	10764	0,001256476	13,52	97,6

**2.16****PESO 7,5\_PS**

Media	0,001423679
Error típico	5,87047E-05
Mediana	0,001253406
Moda	0,001136296
Desviación estándar	0,00043139

BASE 120

VASO 200	peso	Peso	rendimiento	rendimiento	rendimiento
Unds/caja		Caja	min. / gr	min/caja	cajas/día
960	7,5	7200	0,001423679	10,25	128,8

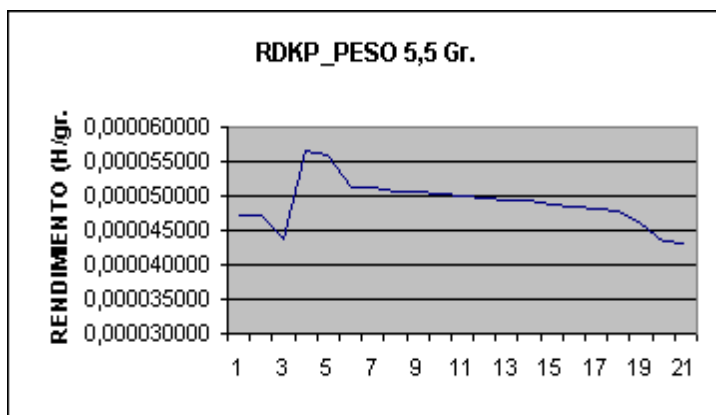
**2.17****PESO 7 GR\_PS**

Media	0,002196265
Error típico	6,77201E-05
Mediana	0,002299734
Moda	0,002368805
Desviación estándar	0,000417455

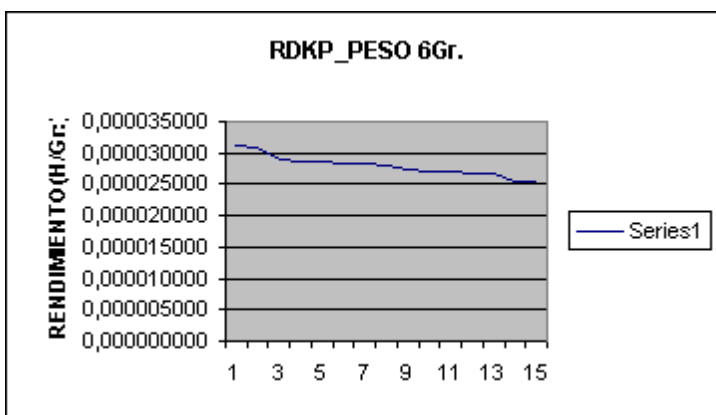
VASO 200	peso	Peso	rendimiento	rendimiento	rendimiento
unds/caja	basex1000g	Caja	min. / gr	min/caja	cajas/día
480	7	3360	0,002196265	7,38	178,9

## ANEXO 3

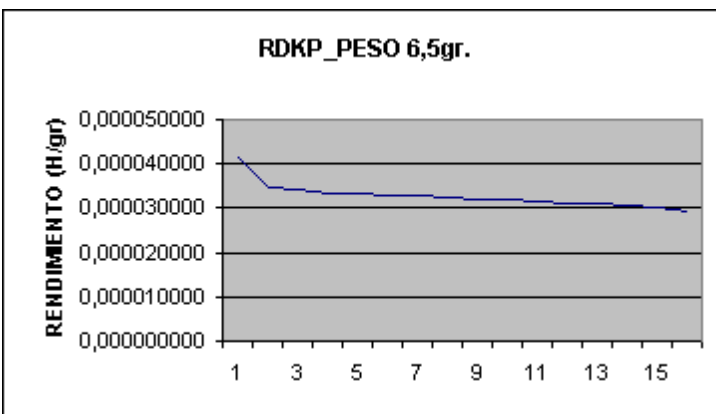
### Rendimientos por peso de las Termoformadoras RDKP



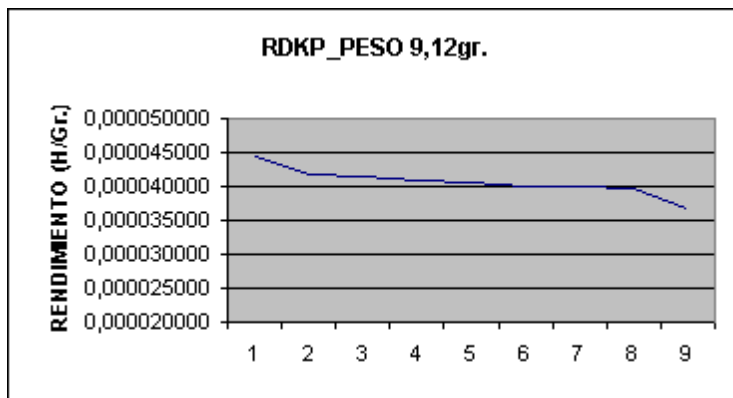
<i><b>RDKP</b></i>	<i><b>PESO 5,5gr.</b></i>
Media	0,00004895
Error típico	0,00000074
Mediana	0,00004932
Moda	#N/A
Desviación estándar.	0,00000341



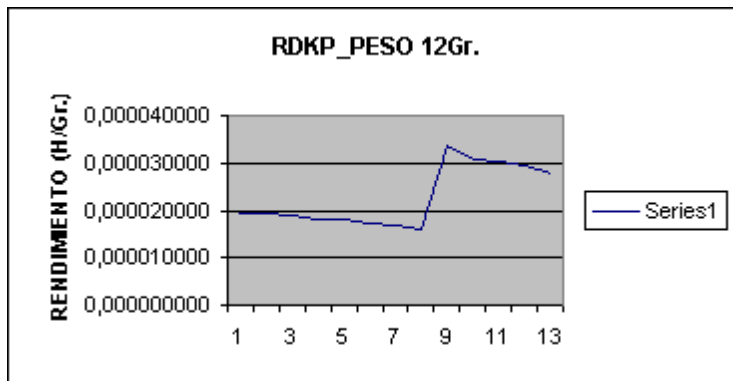
<i><b>RDKP</b></i>	<i><b>PESO 6g</b></i>
Media	0,00002791
Error típico	0,00000042
Mediana	0,00002796
Moda	#N/A
Desviación estándar.	0,00000163



<i><b>RDKP</b></i>	<i><b>PESO 6,5g</b></i>
Media	0,00003271
Error típico	0,00000071
Mediana	0,00003219
Moda	#N/A
Desviación estándar.	0,00000284



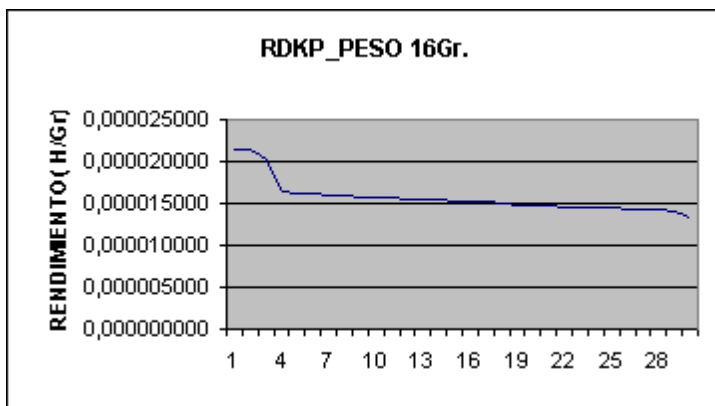
RDKP	PESO 9,12g.
Media	0,00004060
Moda	#N/A
Desviación estánd.	0,00000205



RDKP	PESO 12 g.
Media	0,00002306
Error típico	0,00000170
Mediana	0,00001925
Moda	#N/A
Desviación estánd.	0,00000635

RDKP	PESO 15Gr.
Media	3,05135E-05
Error típico	1,75321E-06
Mediana	3,07073E-05
Moda	#N/A
Desviación estánd.	3,03665E-06

RDKP	PESO 18Gr.
Media	2,4962E-05
Error típico	2,36659E-06
Mediana	2,67909E-05
Moda	#N/A
Desviación estánd.	4,09906E-06



<i><b>RDKP</b></i>	<i><b>PESO 16GR.</b></i>
Media	0,00001568
Error típico	0,00000035
Mediana	0,00001527
Moda	0,00002135
Desviación estánd.	0,00000194

## ANEXO 4

### Rendimiento promedio de las Termoformadoras de baja

#### Termoformadora 11046 Rend. Promedio en min/lamina para cada peso

Laminas / caja	11046 PS	Rend. min/ lamina	Min./ Caja	Cajas/ Día
50	1,5	0,4533162	22,67	63,5
50	11	0,4023932	20,12	71,6
50	12	0,6569663	32,85	43,8
50	15	0,4030265	20,15	71,5
50	18	0,4458322	22,29	64,6
50	19	0,4722401	23,61	61,0
50	25	0,6940486	34,70	41,5

#### Termoformadora 22925 Rend. Promedio en min/lamina para cada peso

Laminas/ Caja	22925 PS	Rend. min/lamina	Peso/ Caja	Minutos/ Caja	Cajas / Día
50	1,3	0,4849347	65	24,25	59,4
50	3	0,4075864	150	20,38	70,7
50	4,4	0,3837856	220	19,19	75
50	10	0,5387711	500	26,94	53,5
50	11,5	0,6314128	575	31,57	45,6
50	16	0,6175358	800	30,88	46,6
50	18	0,3997144	900	19,99	72,1
50	19	0,5014355	950	25,07	57,4
50	25	1,1170588	1250	55,85	25,8
50	35	0,9637182	1750	48,19	29,9
50	51	0,8728523	2550	43,64	33

**Termoformadora 80227 Rend. Promedio en min/lamina para cada peso**

Laminas/ Caja	80227 PS	Rend. min/ciclo	Peso/ Caja	Minutos x Caja	Cajas / Día
50	2,2	0,4615385	110	23,08	62,4
50	4,4	0,4175214	220	20,88	69,0
50	11,5	0,5064516	575	25,32	56,9
50	12	0,5723077	600	28,62	50,3
50	16	0,5130915	800	25,65	56,1
50	18	0,4461864	900	22,31	64,5
50	27	0,7990868	1350	39,95	36,0
50	34	0,5728367	1700	28,64	50,3

**Rendimiento en minutos/lámina para Termoformadoras de Baja.**

<b>11046</b>	
<b>Redmto: Min/Lamina</b>	
Media	0,47657019
Error típico	0,01906159
Mediana	0,45550547
Desviación estándar	0,08940677

<b>22925</b>	
<b>Redmto:min/Lamina</b>	
Media	0,57066629
Error típico	0,03600026
Mediana	0,52153846
Desviación estándar	0,20680576

<b>80227</b>	
<b>Redmto: Min/Ciclo</b>	
Media	0,54517129
Error típico	0,02373516
Mediana	0,52941176
Desviación estándar	0,14437536



## ANEXO 5

### Rendimiento esperado de la KRAUSSER 6804

		6804				
Peso	Unid/caja	CAVIDADES	min/lamin	Unds/día	Hora/caja	Cajas/ Día
35	180	2	0,2261191	12736,65	0,34	70,8
51	1431	3	0,2261191	19104,98	1,8	13,4
9	1200	4	0,2261191	25473,3	1,13	21,2
10	1200	6	0,2261191	38209,95	0,75	31,8
10	1200	9	0,2261191	57314,93	0,5	47,8
4,4	1695	10	0,2261191	63683,25	0,64	37,6
2,2	1800	11	0,2261191	70051,58	0,62	38,9
3	1500	12	0,2261191	76419,9	0,47	50,9
3	1500	18	0,2261191	114629,85	0,31	76,4
2,2	1800	24	0,2261191	152839,81	0,28	84,9

## ANEXO 6

### Rendimiento de las Máquinas Impresoras Para Diferentes Productos

<b>1553_peso 4,2gr.</b>	V/ helado
Media	0,0009812158
Error típico	0,0000143627
Mediana	0,0009689730
Moda	0,0009885622
Desviación estándar	0,0000658182

<b>1553_peso 5,5gr.</b>	Vaso 125G
Media	0,0008889779
Error típico	0,0000170688
Mediana	0,0008682059
Moda	0,0009090909
Desviación estándar	0,0001230847

<b>1553_peso 6 gr.</b>	Vaso 150G
Media	0,0007500316
Error típico	0,0000198753
Mediana	0,0007389583
Moda	0,0007450000
Desviación estándar	0,0000932234

<b>1553_peso 6,4gr.</b>	Vaso 150G
Media	0,0006533788
Error típico	0,0000088972
Mediana	0,0006476563
Moda	0,000659862
Desviación estándar	0,0000583430

<b>1553_peso 6,5gr.</b>	Vaso 150G
Media	0,0007234043
Error típico	0,0000166267
Mediana	0,0007008547
Moda	0,0006651127
Desviación estándar	0,0001127680

<b>1553_peso 7,2gr.</b>	Vaso 200G
Media	0,0006332559
Error típico	0,0000142333
Mediana	0,0006138889
Moda	0,0006359852
Desviación estándar	0,0000682605

<b>1553_peso 7,5</b>	Vaso 200G
Media	0,0006801010
Error típico	0,0000233521
Mediana	0,0006293333
Moda	0,0006801540
Desviación estándar	0,0001300191

<b>1553_peso 7,6gr.</b>	vaso 180
Media	0,0005800159
Error típico	0,0000088605
Mediana	0,0005625000
Moda	0,0005493421
Desviación estándar	0,0000826449

<b>1553_peso 7,7</b>	v_2
Media	0,0005653674
Error típico	0,0000072487
Mediana	0,0005600649
Moda	0,0005454545
Desviación estándar	0,0000728486

<b>1553_peso 7,9gr.</b>	vaso 180G)
Media	0,0005302083
Error típico	0,0000137740
Mediana	0,0005197785
Moda	0,0004905063
Desviación estándar	0,0000615992

<b>1553_peso 8gr.</b>	vaso Light
Media	0,0005909788
Error típico	0,0000254744
Mediana	0,0005844351
Moda	0,0005915875
Desviación estándar	0,0000882460

<b>1553_peso 8,5gr.</b>	vaso 16OZ
Media	0,0008272779
Error típico	0,0000264316
Mediana	0,0008205144
Moda	0,0008298624
Desviación estándar	0,0000915617

0,0007700280	<b>1553_peso 6,3gr.</b>	Vaso 4
--------------	-------------------------	--------

0,0006280193	<b>1553_peso 6,9gr.</b>	Vaso 150G
--------------	-------------------------	-----------

0,0010104167	<b>1553_peso 7gr.</b>	Vaso 150G
--------------	-----------------------	-----------

0,0006650850	<b>1553_peso 7,8</b>	Vaso 180G
--------------	----------------------	-----------

0,0005024266	<b>1553_peso 8,9gr.</b>	vaso 200G
--------------	-------------------------	-----------

0,0005079970	<b>1553_peso 9gr.</b>	vaso 200G
--------------	-----------------------	-----------

0,0005441834	<b>1553_peso 9,4gr</b>	V/1
--------------	------------------------	-----

0,0008006942	<b>1553_peso 11,6</b>	Base 16 OZ
--------------	-----------------------	------------

0,0008676610	<b>1553_peso 12gr.</b>	Base 16 OZ
--------------	------------------------	------------

0,0008350309	<b>1553_peso 12,2 gr.</b>	Base 500G
--------------	---------------------------	-----------

0,0007631948	<b>1553_peso 13,7gr.</b>	B_1/2Litro
--------------	--------------------------	------------

0,0005163942	<b>1553_peso 21,3gr.</b>	Base 1 Lt
--------------	--------------------------	-----------

0,0005202423	<b>1553_peso 28gr.</b>	B/100G
--------------	------------------------	--------

V/1	
<b>1553_peso 9,8gr</b>	
Media	0,0004790714
Error típico	0,0000118418
Mediana	0,0004736856
Moda	0,0004789221
Desviación estándar	0,0000473671

<b>1553_peso 16,5</b>		Base 500G
Media	0,0004979897	
Error típico	0,0000093268	
Mediana	0,0005014686	
Moda	0,0004956472	
Desviación estándar	0,0000535783	

<b>1553_peso 10gr.</b>		Base 250G
Media	0,0006358172	
Error típico	0,0000166713	
Mediana	0,0006151961	
Moda	0,0006584951	
Desviación estándar	0,0000986288	

<b>1554_2,2gr_V50G.</b>	
Media	0,00193754
Error típico	0,00003172
Mediana	0,00194280
Moda	0,00170455
Desviación est	0,00014879

<b>1554_V4gr</b>	
Media	0,00128155
Error típico	0,00007995
Mediana	0,00117577
Moda	0,00159873
Desviación est	0,00021154

<b>1554_5gr_vaso12oz</b>	
Media	0,00107804
Error típico	0,00006758
Mediana	0,00105682
Moda	0,00104930
Desviación est	0,00017881

<b>1554_V5,5gr</b>	
Media	0,00094721
Error típico	0,00001882
Mediana	0,00094385
Moda	0,00094406
Desviación est	0,00014940

<b>1554_V6gr</b>	
Media	0,00076372
Error típico	0,00000855
Mediana	0,00074533
Moda	0,00070667
Desviación est	0,00009010

<b>1554_V 6,3 gr.</b>	
Media	0,00073172
Error típico	0,00002066
Mediana	0,00073016
Moda	0,00062222
Desviación est	0,00008264

<b>1554_6,4_V/150G</b>	
Media	0,00067877
Error típico	0,00001242
Mediana	0,00067998
Moda	0,00065892
Desviación est	0,00005954

<b>1554_6,5gr_V 150G</b>	
Media	0,00076408
Error típico	0,00002101
Mediana	0,00076923
Moda	0,00076923
Desviación est	0,00013616

<b>1554_6,6_Base 1</b>	
Media	0,00114645
Error típico	0,00006807
Mediana	0,00111559
Moda	0,00114963
Desviación est	0,00015220

<b>1554_7,2gr_vaso200G</b>	
Media	0,00060687
Error típico	0,00001399
Mediana	0,00059028
Moda	0,00059268
Desviación est	0,00004198

<b>1554_7,5gr_V/180 y 200G</b>	
Media	0,00075320
Error típico	0,00001591
Mediana	0,00075588
Moda	0,00075893
Desviación est	0,00006162

<b>1554_7,6gr_vaso 180G</b>	
Media	0,00061487
Error típico	0,00002636
Mediana	0,00062993
Moda	0,00062697
Desviación est	0,00008335

<b>1554_V7,7gr</b>	
Media	0,00055476
Error típico	0,00001169
Mediana	0,00053108
Moda	0,00049784
Desviación est	0,00006716

<b>1554_7,8gr_V200G</b>	
Media	0,00061876
Error típico	0,00001687
Mediana	0,00061341
Moda	0,00077531
Desviación estándar	0,00009838

<b>1554_7,9gr_vaso 180G</b>	
Media	0,00055728
Error típico	0,00001601
Mediana	0,00055380
Moda	0,00055380
Desviación estándar	0,00005064

<b>1554_8gr_vaso200G</b>	
Media	0,00053756
Error típico	0,00003521
Mediana	0,00052854
Moda	0,00052365
Desviación estándar	0,00009958

<b>1554_9gr_vaso200G</b>	
Media	0,00060584
Error típico	0,00002835
Mediana	0,00063946
Moda	0,00063985
Desviación est	0,00009820

<b>1554_10gr_Base 250G</b>	
Media	0,00058306
Error típico	0,00001738
Mediana	0,00055802
Moda	0,00055462
Desviación est	0,00006504

1554_16,5gr._Base 500G	
Media	0,00051931
Error típico	0,00001532
Mediana	0,00048622
Moda	0,00058321
Desviación est	0,00007187

1554_28gr._BASE 1000G	
Media	0,00040981
Error típico	0,00001835
Mediana	0,00041027
Moda	0,00041158
Desviación est	0,00005803

0,00287456 1554\_1,5g\_Vaso 2oz

0,00107400 1554\_V4,2gr

0,00210398 1554\_V2,7gr

0,00066184 1554\_6,9gr\_vaso150g

0,00118849 1554\_V3gr

0,00074576 1554\_7gr\_vaso150g

0,00125442 1554\_3,4gr\_vaso 4OZ

0,00088941 1554\_8,5gr\_Base 150G

0,00133044 1554\_3,7gr\_vaso 7OZ

0,00062809 1554\_8,9gr\_Vaso 200G

0,00114401 1554\_3,9gr\_vaso 7OZ

0,00055914 1554\_9,4gr.\_Vaso 200G

0,00051481 1554\_9,8gr.Vaso 1

1554\_11,6gr.\_Base  
0,00066380 16OZ

0,00064680 1554\_12\_Base 16OZ

0,00060230 1554\_13,7gr.\_Base1/2 L

0,00047123 1554\_21,3gr\_Base 1Litro

Base  
0,00051216 1554\_24,7gr. 1000G

<b>1555_1,3gr_Vaso2oz</b>	
Media	0,00348026
Error típico	0,00012356
Mediana	0,00356755
Desviación estándar	0,00039072

<b>1555_2,2gr_V50gr</b>	
Media	0,00210583
Error típico	4,13E-05
Mediana	0,002104
Desviación estándar	0,00011678

<b>1555_V5,5gr</b>	
Media	0,00086296
Error típico	1,95E-05
Mediana	0,00086147
Desviación estándar	0,00011182

<b>1555_6,4gr_V150G</b>	
Media	0,00070083
Error típico	4,36E-06
Mediana	0,00069994
Moda	0,00069792
Desviación estándar	4,44E-05

<b>1555_6,5gr_vaso150g</b>	
Media	0,00078178
Error típico	2,90E-05
Mediana	0,00082815
Desviación estándar	0,00010043

<b>1555_7,2gr_Base250gr</b>	
Media	0,00100002
Error típico	3,19E-05
Mediana	0,00102976
Moda	0,00111368
Desviación estándar	0,00015603

<b>1555_7,6gr_Vaso180g</b>	
Media	0,00069455
Error típico	2,35E-05
Mediana	0,00067434
Desviación estándar	7,79E-05

<b>1555_7,8gr_V180 y 200G</b>	
Media	0,00061388
Error típico	1,22E-05
Mediana	0,00061379
Desviación estándar	4,58E-05

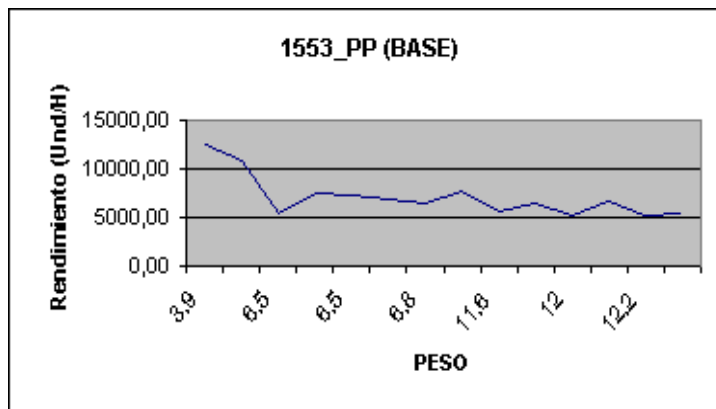
<b>1555_10gr_Base250g</b>	
Media	0,00064455
Error típico	3,02E-05
Mediana	0,00064889
Desviación estándar	9,56E-05

<b>1555_12gr_Base</b>	
Media	0,00056411
Error típico	1,05E-05
Mediana	0,00054735
Desviación estándar	4,69E-05

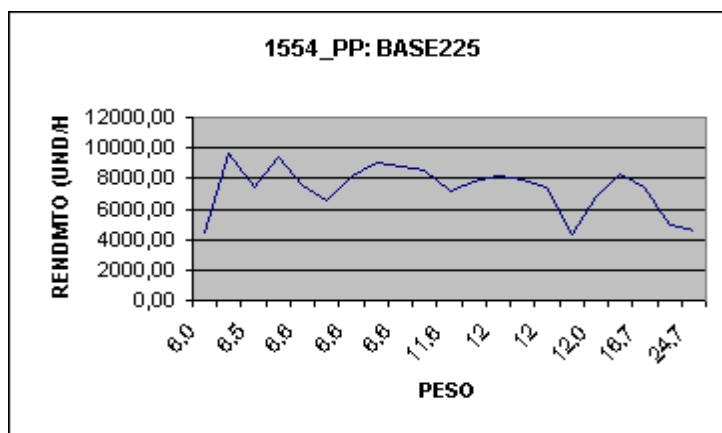
<b>1555_16,5gr_Base500g</b>	
Media	0,00050173
Error típico	1,74E-05
Mediana	0,00047684
Moda	0,00056117
Desviación estándar	6,74E-05

<b>1555_28gr_Base1000g</b>	
Media	0,00039588
Error típico	1,89E-05
Mediana	0,00038931
Desviación estándar	5,34E-05

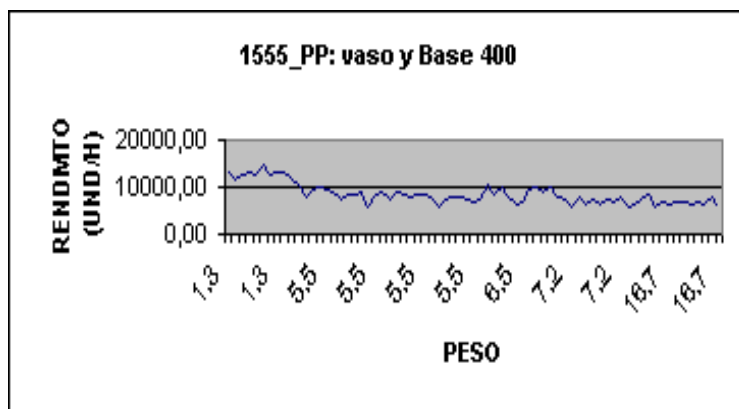
0,000576419	<b>1555_V8gr</b>
-------------	------------------



<b>1553_PP (BASE)</b>	
Media	0,0007426
Error típico	1,3385E-05
Mediana	0,00064079
Moda	0,000625
Desviación estándar	0,00036535



<b>1554_PP</b>	
Media	0,00091078
Error típico	9,0175E-05
Mediana	0,00073115
Moda	0,00092525
Desviación estándar	0,00041323



<b>1555_PP</b>	
Media	0,00146644
Error típico	0,00010389
Mediana	0,00126341
Moda	0,00126922
Desviación estándar	0,00087537

## ANEXO 7

### Rendimiento Esperado De Las Maquinas Impresoras

#### Maquina: 1553\_PS

producto	Und/Caja	peso caja	Rendmto	minutos/caja	cajas / día	# Estibas
BASE 1L	480	10224	0,00051639	5,3	272,7	10,91
BASE 500	540	8910	0,00049799	4,4	324,5	12,98
BASE 250	960	9600	0,00063582	6,1	235,9	9,44
VASO 1	1500	14700	0,00047907	7,0	204,5	8,18
VASO 180 G	1380	10764	0,00066509	7,2	201,1	8,05
VASO 2	1500	11550	0,00056537	6,5	220,5	8,82
VASO 16OZ	1171	11400	0,00082728	9,4	152,7	6,11

#### Maquina: 1554\_PS

producto	Und/Caja	peso caja	Rendmto	minutos/caja	cajas / día	# Estibas
BASE 1L	480	10224	0,00047123	4,8	298,9	11,96
BASE 500	540	8910	0,00051931	4,6	311,2	12,45
BASE 250	960	9600	0,00058306	5,6	257,3	10,29
VASO 1	1500	14700	0,00051481	7,6	190,3	7,61
VASO 180 G(7.8)	1380	10764	0,00061876	6,7	216,2	8,65
VASO 2	1500	11550	0,00055476	6,4	224,7	8,99
VASO (6,4g)	1500	9600	0,00082728	7,9	181,3	7,25
VASO (6g)	1500	9000	0,00076372	6,8734800	209,5	8,4

#### Maquina: 1555\_PS

producto	Und/Caja	peso caja	Rendmto	minutos/caja	cajas / día	# Estibas
BASE 1000g	480	10224	0,00039588	4,0	355,8	14,23
BASE 500	540	8910	0,00050173	4,5	322,1	12,88
BASE 250	960	9600	0,00064455	6,2	232,7	9,31
VASO 180 G(7.8)	1380	10764	0,00061388	6,6	217,9	8,72
VASO 2(7,7g)	1500	11550	0,00055476	6,4	224,7	8,99
VASO (6,4g)	1500	9600	0,00070083	6,7	214,0	8,56



**Maquina:****1553\_PP**

producto	peso/unid	UND/Caja	peso caja	Rendmto	min/caja	cajas/día
BASE 200g	6,5	480	10224	0,000703	7,2	200,3
BASE 16Oz	11,6	540	8910	0,000703	6,3	229,9
BASE 400g	16,7	960	9600	0,000703	6,7	213,4

**Maquina:****1554\_PP**

producto	peso/unid	UND/Caja	peso caja	Rendmto	min/caja	cajas/día
BASE 200g	6,5	480	10224	0,0009108	9,3	154,6
BASE 16Oz	11,6	540	8910	0,0009108	8,1	177,5
BASE 1	12	960	9600	0,0009108	8,7	164,7

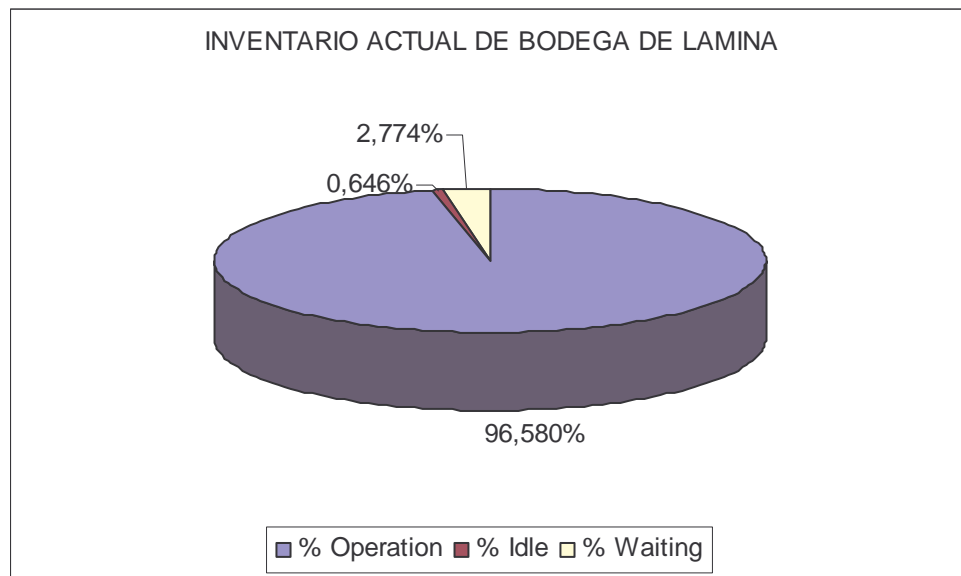
**Maquina:****1555\_PP**

producto	peso/unid	UND/Caja	peso caja	Rendmto	min/caja	cajas/día
BASE 400g	16,7	480	10224	0,0011289	11,5	124,8
BASE 200g	6,5	540	8910	0,0011289	10,1	143,2
VASO 200g	5,5	1380	10764	0,0011289	12,2	118,5
VASO Agua	6,9	1500	11550	0,0011289	13,0	110,4
VASO Agua	7,2	1500	11400	0,0011289	12,9	111,9

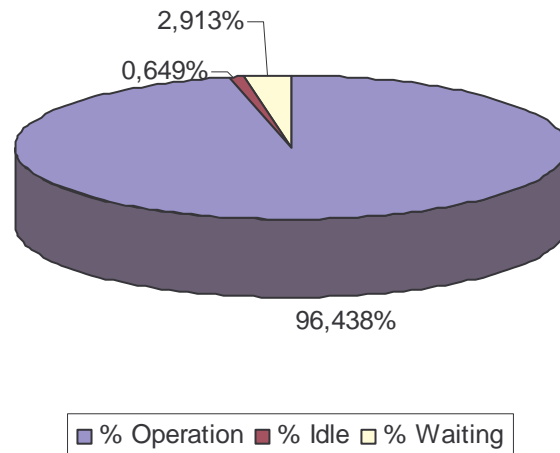
## ANEXO 8

### Resultados De La Reducción De Inventarios En Bodega De Lamina

INVENTARIO ACTUAL EN BODEGA DE LAMINA			
MAQUINA	% Operation	% Idle	% Waiting
ILLIG 1515	96,7	0,68	2,63
ILLIG 1516	97,38	0,63	1,98
ILLIG 1517	93,44	0,68	5,88
ILLIG 1518	97,21	0,67	2,11
ILLIG 1519	97,01	0,7	2,29
ILLIG 1520	96,85	0,67	2,48
ILLIG 1521	92,62	0,94	6,44
ILLIG 1523	97,73	0,66	1,61
ILLIG 1524	97,09	0,71	2,2
RDKP 72	98,32	0,36	1,32
RDKP 54	98,02	0,41	1,57
PROMEDIO	96,5790909	0,64636364	2,77363636

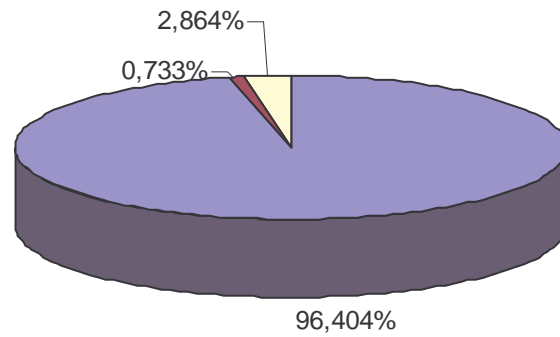


### 83% DE INVENTARIO EN BODEGA DE LAMINA



83% DE INVENTARIO EN BODEGA DE LAMINA			
MAQUINA	% Operation	% Idle	% Waiting
ILLIG 1515	97,34	0,64	2,01
ILLIG 1516	96,72	0,66	2,62
ILLIG 1517	93,73	0,68	5,59
ILLIG 1518	97,26	0,66	2,08
ILLIG 1519	96,87	0,73	2,4
ILLIG 1520	97,33	0,64	2,03
ILLIG 1521	89,62	0,97	9,41
ILLIG 1523	97,82	0,63	1,55
ILLIG 1524	97,07	0,72	2,21
RDKP 72	98,75	0,36	0,89
RDKP 54	98,3	0,45	1,25
PROMEDIO	96,4372727	0,64909091	2,91272727

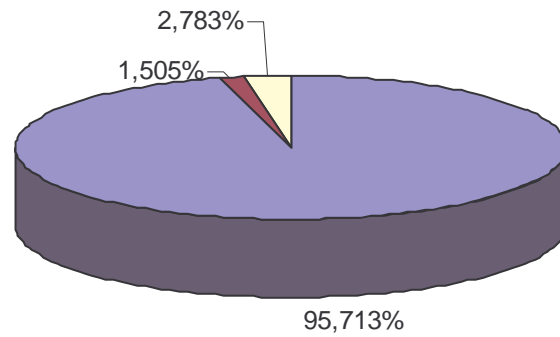
# 67% DE INVENTARIO EN BODEGA DE LAMINA



■ % Operation ■ % Idle ■ % Waiting

67% DE INVENTARIO EN BODEGA DE LAMINA			
MAQUINA	% Operation	% Idle	% Waiting
ILLIG 1515	97,34	0,65	2,02
ILLIG 1516	96,89	0,74	2,37
ILLIG 1517	93,45	0,68	5,87
ILLIG 1518	97,1	0,83	2,07
ILLIG 1519	96,92	0,72	2,36
ILLIG 1520	97,18	0,67	2,15
ILLIG 1521	90,64	0,99	8,37
ILLIG 1523	97,09	1,19	1,72
ILLIG 1524	96,95	0,75	2,31
RDKP 72	98,66	0,38	0,96
RDKP 54	98,23	0,46	1,3
PROMEDIO	96,4045455	0,73272727	2,86363636

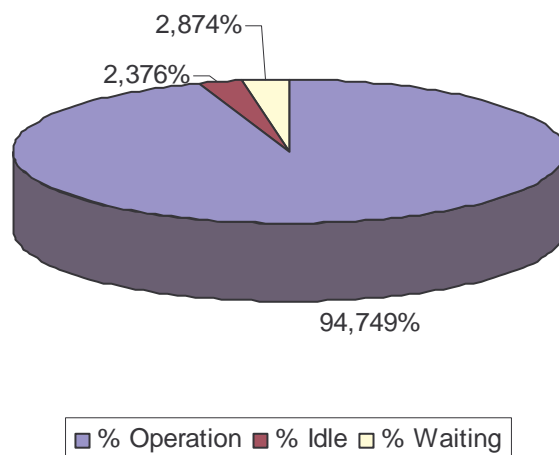
# 50% DE INVENTARIO EN BODEGA DE LAMINA



■ % Operation ■ % Idle ■ % Waiting

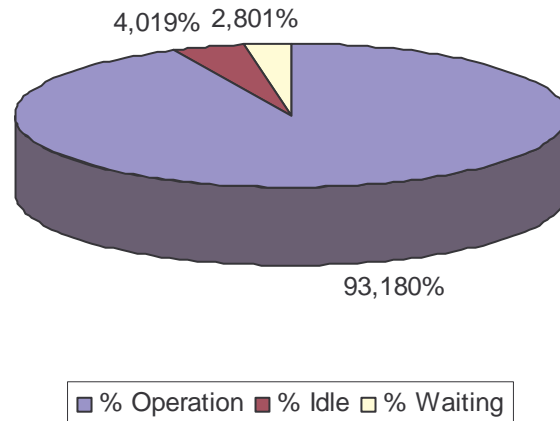
50% DE INVENTARIO EN BODEGA DE LAMINA			
MAQUINA	% Operation	% Idle	% Waiting
ILLIG 1515	96,14	1,53	2,33
ILLIG 1516	97,17	0,68	2,15
ILLIG 1517	92,23	0,8	6,97
ILLIG 1518	96,5	1,35	2,15
ILLIG 1519	97,17	0,66	2,17
ILLIG 1520	97,09	0,67	2,24
ILLIG 1521	92,82	0,88	6,3
ILLIG 1523	92,45	5,79	1,76
ILLIG 1524	94,5	3,35	2,15
RDKP 72	98,55	0,39	1,05
RDKP 54	98,21	0,45	1,34
PROMEDIO	95,7118182	1,50454545	2,78272727

# 42% DE INVENTARIO EN BODEGA DE LAMINA



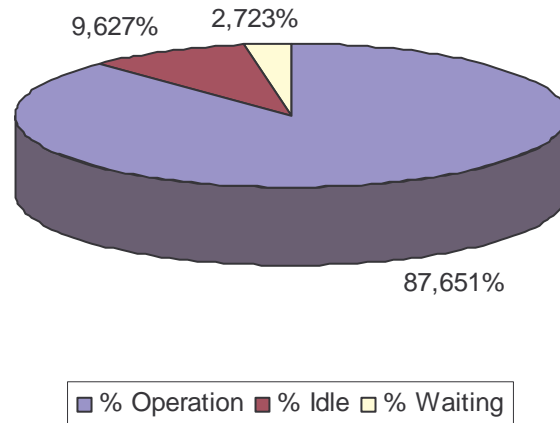
42% DE INVENTARIO EN BODEGA DE LAMINA			
MAQUINA	% Operation	% Idle	% Waiting
ILLIG 1515	97,23	0,71	2,06
ILLIG 1516	96,66	0,9	2,44
ILLIG 1517	93,02	0,76	6,22
ILLIG 1518	96,5	1,48	2,03
ILLIG 1519	95,19	2,52	2,3
ILLIG 1520	96,68	1,1	2,22
ILLIG 1521	90,6	0,89	8,52
ILLIG 1523	88,41	10,1	1,49
ILLIG 1524	91,06	6,84	2,1
RDKP 72	98,55	0,41	1,04
RDKP 54	98,37	0,43	1,2
PROMEDIO	94,7518182	2,37636364	2,87454545

### 33% DE INVENTARIO EN BODEGA DE LAMINA



33% DE INVENTARIO EN BODEGA DE LAMINA			
MAQUINA	% Operation	% Idle	% Waiting
ILLIG 1515	92,19	5,4	2,41
ILLIG 1516	95,88	1	3,11
ILLIG 1517	92,92	0,75	6,33
ILLIG 1518	96,24	1,34	2,42
ILLIG 1519	95,46	2,24	2,3
ILLIG 1520	92,84	5,13	2,03
ILLIG 1521	92,92	1,09	5,99
ILLIG 1523	82,18	16,37	1,45
ILLIG 1524	88,01	10	1,99
RDKP 72	98,3	0,42	1,28
RDKP 54	98,03	0,47	1,5
PROMEDIO	93,1790909	4,01909091	2,80090909

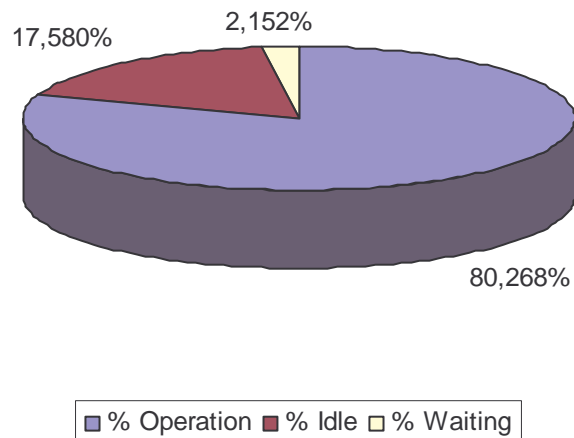
17% DE INVENTARIO EN BODEGA DE LAMINAS



17% DE INVENTARIO EN BODEGA DE LAMINA			
MAQUINA	% Operation	% Idle	% Waiting
ILLIG 1515	91,61	6,32	2,07
ILLIG 1516	90,08	8,16	1,76
ILLIG 1517	93,92	0,66	5,42
ILLIG 1518	90,91	7,13	1,96
ILLIG 1519	93,32	4,17	2,5
ILLIG 1520	82,54	15,49	1,97
ILLIG 1521	89,69	1,57	8,74
ILLIG 1523	75,56	23,14	1,3
ILLIG 1524	80,62	17,54	1,84
RDKP 72	88,38	10,39	1,22
RDKP 54	87,51	11,32	1,17
PROMEDIO	87,6490909	9,62636364	2,72272727



### CERO INVENTARIOS EN BODEGA DE LAMINA



### CERO INVENTARIOS EN BODEGA DE LAMINA

MAQUINA	% Operation	% Idle	% Waiting
ILLIG 1515	88,78	8,57	2,65
ILLIG 1516	86,75	11,33	1,91
ILLIG 1517	83,43	10,79	5,78
ILLIG 1518	85,36	12,73	1,9
ILLIG 1519	81,51	16,45	2,04
ILLIG 1520	78,53	19,84	1,63
ILLIG 1521	84,75	12,14	3,11
ILLIG 1523	70,39	28,39	1,22
ILLIG 1524	70,62	27,82	1,55
RDKP 72	73,92	25,18	0,9
RDKP 54	78,88	20,14	0,98
PROMEDIO	80,2654545	17,58	2,15181818

## ANEXO 9

### Nivel De Producción De Las Termoformadoras Reduciendo El Inventario De La Bodega De Lámina

100% DE INVENTARIO EN BODEGA DE LAMINA						
MAQUINA	# LAMINAS	TIEMPO PROMEDIO DE ENTRADA DE LAMINAS (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (LAMINAS)	# CAJAS	TIEMPO PROMEDIO PROCESAMIENTO POR CAJA (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (CAJAS)
Illig 1515	14,62	640,36	1	617,25	15,57	1
Illig 1516	15,5	624,21	1	577,5	16,22	1
Illig 1517	12,12	771,28	1	624,5	14,77	1
Illig 1518	16,37	565,46	1	614,5	15,19	1
Illig 1519	16,25	569,73	1	628,5	14,75	0,87
Illig 1520	11,12	837,72	1	605,25	15,29	1
Illig 1521	12,12	766,95	1	851,37	10,89	1
Illig 1524	15,5	596,64	1	594,62	15,67	1
Illig 1523	16,25	570,89	1	639,37	14,36	1
RDKP 54	11,12	840,85	1	307,62	29,93	1
RDKP 72	8	1153,91	1	356,12	26,35	1
<b>TOTAL</b>	<b>129,85</b>	<b>660,36</b>		<b>6416,6</b>	<b>17,1809</b>	

83% DE INVENTARIO EN BODEGA DE LAMINA						
MAQUINA	# LAMINAS	TIEMPO PROMEDIO DE ENTRADA DE LAMINAS (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (LAMINAS)	# CAJAS	TIEMPO PROMEDIO PROCESAMIENTO POR CAJA (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (CAJAS)
Illig 1515	14,5	642,45	1	586,12	15,99	1
Illig 1516	13,37	719,76	1	604,75	15,94	1
Illig 1517	12,25	767,73	1	625,87	14,71	1
Illig 1518	15,75	598,36	1	604,5	15,21	1
Illig 1519	15,5	600,24	1	659,12	14,03	0,87
Illig 1520	12,87	724,61	1	576,37	16,15	1
Illig 1521	11	853,54	1	882,37	10,47	1
Illig 1524	15,25	606,28	1	570,87	16,21	1
Illig 1523	16,5	563,25	1	642,37	14,3	1
RDKP 54	11,75	789,13	1	307	30	1
RDKP 72	8	1153,94	1	392	24,15	1
<b>TOTAL</b>	<b>146,74</b>	<b>729,02636</b>		<b>6451,34</b>	<b>17,0145</b>	

67% DE INVENTARIO EN BODEGA DE LAMINA						
MAQUINA	# LAMINAS	TIEMPO PROMEDIO DE ENTRADA DE LAMINAS (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (LAMINAS)	# CAJAS	TIEMPO PROMEDIO PROCESAMIENTO POR CAJA (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (CAJAS)
Illig 1515	14,87	641,58	1	586,5	15,94	1
Illig 1516	12,37	775,92	1	671,37	13,98	1
Illig 1517	11,75	796,51	1	624,25	15,27	1
Illig 1518	15,62	597,96	1	602	15,32	1
Illig 1519	15,75	592,93	1	648	14,31	1
Illig 1520	14,12	668,5	1	608,75	15,34	1
Illig 1521	11	849,88	1	907,5	10,15	1
Illig 1524	14,25	662,85	1	635,25	14,46	1
Illig 1523	15,87	585,62	1	670,37	13,95	1
RDKP 54	11,87	783,47	1	327,87	28,13	1
RDKP 72	8,87	1044,87	1	404,62	23,01	1
<b>TOTAL</b>	<b>146,34</b>	<b>727,28091</b>		<b>6686,48</b>	<b>16,3509</b>	

50% DE INVENTARIO EN BODEGA DE LAMINA						
MAQUINA	# LAMINAS	TIEMPO PROMEDIO DE ENTRADA DE LAMINAS (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (LAMINAS)	# CAJAS	TIEMPO PROMEDIO PROCESAMIENTO POR CAJA (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (CAJAS)
Illig 1515	13,12	732,87	0,87	589,25	15,8	0,87
Illig 1516	13,37	702,75	1	624,87	15,16	1
Illig 1517	10,75	873,8	1	733,62	12,95	1
Illig 1518	13,62	680,49	1	624,37	14,83	1
Illig 1519	15,12	612,23	1	596,5	15,55	1
Illig 1520	13,12	706,56	1	603,87	15,28	1
Illig 1521	11,62	809,47	1	801	11,61	1
Illig 1524	15,25	592,85	1	649,5	13,61	1
Illig 1523	15,87	552,91	1	625,62	14,33	1
RDKP 54	11,37	812,69	1	340,75	27,37	1
RDKP 72	8,87	1051,3	1	390	24,15	1
<b>TOTAL</b>	<b>142,08</b>	<b>738,90182</b>		<b>6579,35</b>	<b>16,4218</b>	

42% DE INVENTARIO EN BODEGA DE LAMINA						
MAQUINA	# LAMINAS	TIEMPO PROMEDIO DE ENTRADA DE LAMINAS (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (LAMINAS)	# CAJAS	TIEMPO PROMEDIO PROCESAMIENTO POR CAJA (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (CAJAS)
Illig 1515	14,75	641,22	1	598,87	15,81	1
Illig 1516	13,75	706,92	1	688,5	14,24	1
Illig 1517	11,25	825,14	1	697,37	13,62	1
Illig 1518	14,87	617,68	1	590	16,06	0,87
Illig 1519	15,75	575,19	1	630,25	14,36	1
Illig 1520	13,87	673,12	1	629,5	14,59	1
Illig 1521	10,12	924,65	1	808	11,43	1
Illig 1524	14,75	586,7	1	552,12	15,04	1
Illig 1523	15,37	541,82	1	610,25	14,2	1
RDKP 54	12,37	749,4	1	375,25	25,19	1
RDKP 72	10	944,44	1	355,12	26,19	1
<b>TOTAL</b>	<b>146,85</b>	<b>707,84364</b>		<b>6535,23</b>	<b>16,43</b>	

33% DE INVENTARIO EN BODEGA DE LAMINA						
MAQUINA	# LAMINAS	TIEMPO PROMEDIO DE ENTRADA DE LAMINAS (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (LAMINAS)	# CAJAS	TIEMPO PROMEDIO PROCESAMIENTO POR CAJA (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (CAJAS)
Illig 1515	14,37	643,69	0,87	552,87	16,03	0,87
Illig 1516	12,5	758,41	1	610,37	15,38	1
Illig 1517	12,37	766,37	1	689,25	13,64	1
Illig 1518	14,12	658,15	1	702,37	13,13	1
Illig 1519	13,37	685,67	1	630,62	14,62	1
Illig 1520	14	643,4	1	575,25	15,3	1
Illig 1521	11	851,47	1	858,75	10,86	1
Illig 1524	13,75	610,22	1	536,25	14,77	1
Illig 1523	14,25	543,78	1	578,5	14,73	1
RDKP 54	11,62	798,24	1	364,5	25,64	1
RDKP 72	10,12	933,9	1	410,12	22,68	1
<b>TOTAL</b>	<b>141,47</b>	<b>717,57273</b>		<b>6508,85</b>	<b>16,0709</b>	

17% DE INVENTARIO EN BODEGA DE LAMINA						
MAQUINA	# LAMINAS	TIEMPO PROMEDIO DE ENTRADA DE LAMINAS (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (LAMINAS)	# CAJAS	TIEMPO PROMEDIO PROCESAMIENTO POR CAJA (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (CAJAS)
Illig 1515	13,5	667,34	0,87	596,75	15,1	0,87
Illig 1516	13	665,78	1	511,62	16,71	1
Illig 1517	12,37	758,07	1	606,75	15,47	1
Illig 1518	13,25	652,24	1	569,25	15,25	1
Illig 1519	11,87	769,74	1	607,62	15,06	1
Illig 1520	12,62	627,96	0,87	546,37	14,33	0,87
Illig 1521	10	921,72	1	868,25	10,76	1
Illig 1524	13,5	565,92	1	478,75	14,93	1
Illig 1523	12,5	566,63	1	534,87	14,54	1
RDKP 54	10,37	793,83	1	354,62	23,59	0,87
RDKP 72	9,5	889,56	0,87	311,62	26,6	1
<b>TOTAL</b>	<b>132,48</b>	<b>716,25364</b>		<b>5986,47</b>	<b>16,5764</b>	

CERO INVENTARIOS EN BODEGA DE LAMINA						
MAQUINA	# LAMINAS	TIEMPO PROMEDIO DE ENTRADA DE LAMINAS (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (LAMINAS)	# CAJAS	TIEMPO PROMEDIO PROCESAMIENTO POR CAJA (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (CAJAS)
Illig 1515	11,62	744,82	0,87	575,37	15,63	0,87
Illig 1516	12,5	658,15	0,75	464,37	18,6	0,75
Illig 1517	11,75	707,16	1	647,37	13,31	1
Illig 1518	12,12	667,8	0,87	553,87	14,7	0,87
Illig 1519	11,62	669,04	1	559	13,97	1
Illig 1520	12,12	612,88	0,87	461,25	16,33	0,87
Illig 1521	8,87	929,55	1	781,25	10,64	1
Illig 1524	11,5	585,04	1	449,75	14,8	1
Illig 1523	11,5	576,28	1	452,12	14,91	1
RDKP 54	9,5	789,59	1	307,5	22,82	0,87
RDKP 72	9,75	722,48	0,87	306,75	24,81	1
<b>TOTAL</b>	<b>122,85</b>	<b>696,61727</b>		<b>5558,6</b>	<b>16,4109</b>	

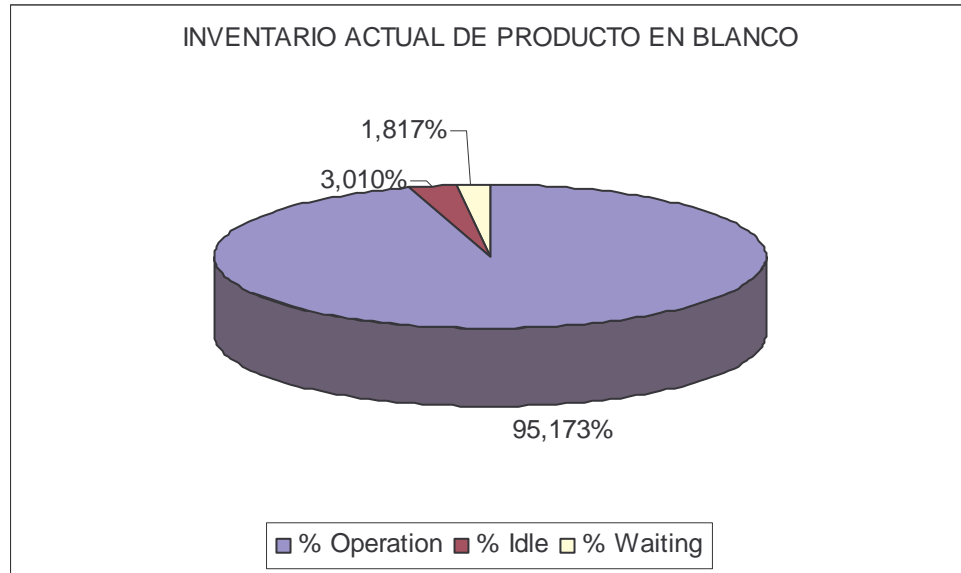
## ANEXO 10

### Comportamiento Del Inventario Final En La Bodega De Lámina

INVENTARIO INICIAL %	ROLLOS
0	16,87
17	23
33	30,62
50	45,87
67	60,37
83	76,37
100	90,37

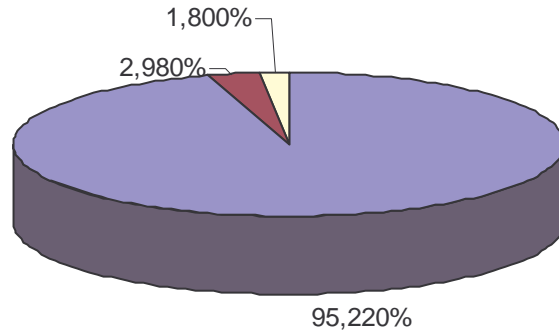
## ANEXO 11

### Análisis Del Nivel De Inventarios En Bodega De Producto En Blanco



INVENTARIO ACTUAL DE PRODUCTO EN BLANCO			
MAQUINA	% Operation	% Idle	% Waiting
Van Dam 1553	93,53	4,46	2,01
Van Dam 1554	96,92	1,72	1,36
Van Dam 1555	95,07	2,85	2,08
PROMEDIO	95,17	3,01	1,82

REDUCCION DEL 20% DE INVENTARIO DE PRODUCTO EN BLANCO

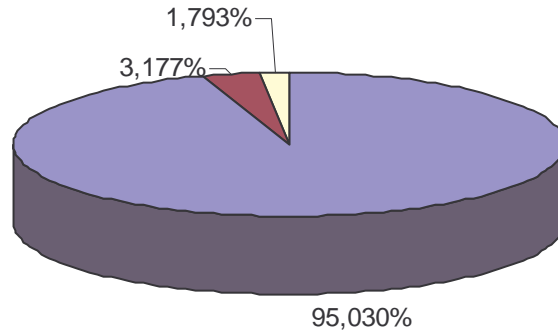


■ % Operation ■ % Idle ■ % Waiting

REDUCCION DEL 20% DE INVENTARIO DE PRODUCTO EN BLANCO			
MAQUINA	% Operation	% Idle	% Waiting
Van Dam 1553	93,72	4,31	1,97
Van Dam 1554	97,03	1,67	1,3
Van Dam 1555	94,91	2,96	2,13
PROMEDIO	95,22	2,98	1,80



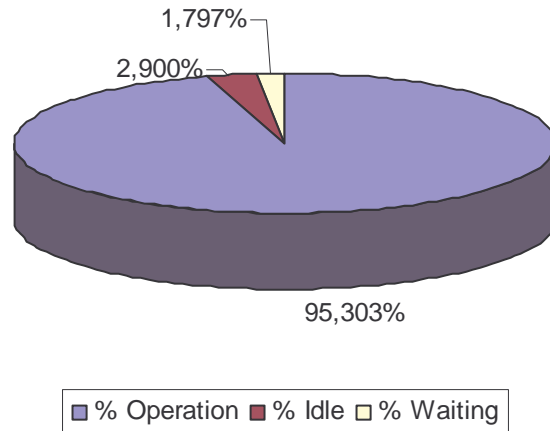
REDUCCION DEL 30% DE INVENTARIO DE PRODUCTO EN BLANCO



■ % Operation ■ % Idle ■ % Waiting

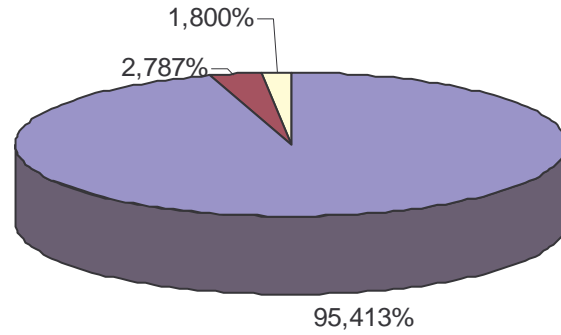
REDUCCION DEL 30% DE INVENTARIO DE PRODUCTO EN BLANCO			
MAQUINA	% Operation	% Idle	% Waiting
Van Dam 1553	93,32	4,68	2
Van Dam 1554	96,95	1,73	1,32
Van Dam 1555	94,82	3,12	2,06
PROMEDIO	95,03	3,18	1,79

REDUCCION DEL 40% DE INVENTARIO DE PRODUCTO EN BLANCO



REDUCCION DEL 40% DE INVENTARIO DE PRODUCTO EN BLANCO			
MAQUINA	% Operation	% Idle	% Waiting
Van Dam 1553	93,84	4,19	1,97
Van Dam 1554	97,01	1,68	1,3
Van Dam 1555	95,05	2,83	2,12
PROMEDIO	95,30	2,90	1,80

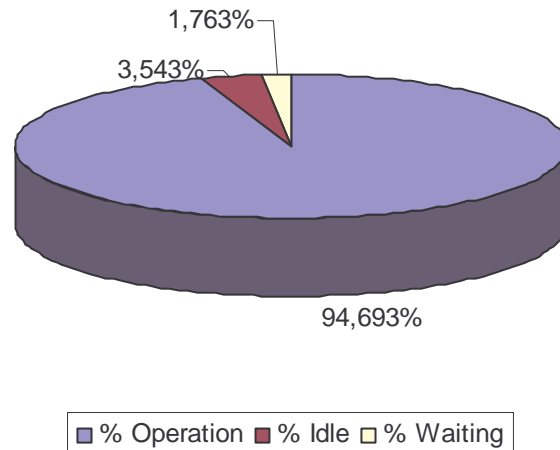
REDUCCION DEL 50% DE INVENTARIO DE PRODUCTO EN BLANCO



■ % Operation ■ % Idle ■ % Waiting

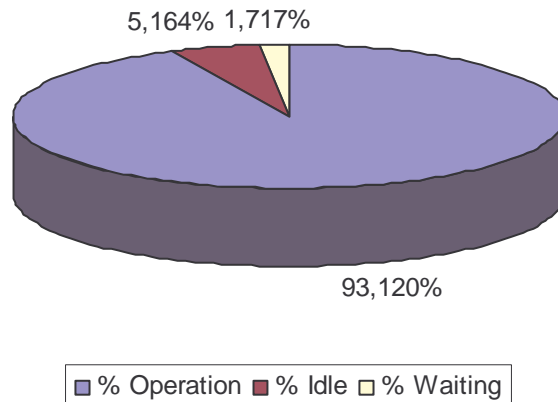
REDUCCION DEL 50% DE INVENTARIO DE PRODUCTO EN BLANCO			
MAQUINA	% Operation	% Idle	% Waiting
Van Dam 1553	93,96	4,07	1,98
Van Dam 1554	96,99	1,68	1,33
Van Dam 1555	95,30	2,61	2,09
PROMEDIO	95,42	2,79	1,80

REDUCCION DEL 60% DE INVENTARIO DE PRODUCTO EN BLANCO



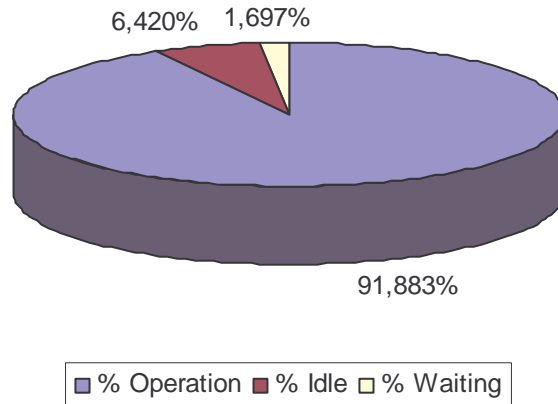
REDUCCION DEL 60% DE INVENTARIO DE PRODUCTO EN BLANCO			
MAQUINA	% Operation	% Idle	% Waiting
Van Dam 1553	92,95	5,18	1,87
Van Dam 1554	96,94	1,73	1,33
Van Dam 1555	94,18	3,72	2,09
PROMEDIO	94,69	3,54	1,76

REDUCCION DEL 70% DE INVENTARIO DE PRODUCTO EN  
BLANCO



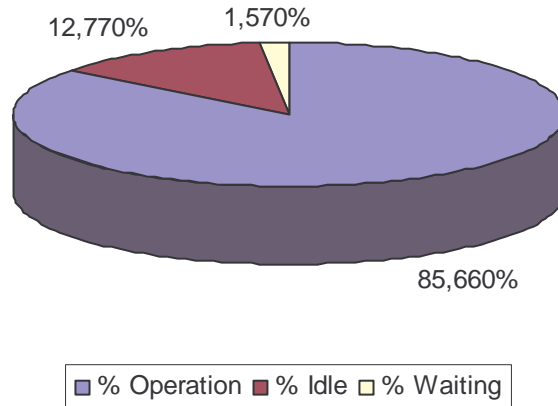
REDUCCION DEL 70% DE INVENTARIO DE PRODUCTO EN BLANCO			
MAQUINA	% Operation	% Idle	% Waiting
Van Dam 1553	91,15	6,97	1,88
Van Dam 1554	96,95	1,74	1,31
Van Dam 1555	91,25	6,78	1,96
PROMEDIO	93,12	5,16	1,72

REDUCCION DEL 80% DE INVENTARIO DE PRODUCTO EN BLANCO



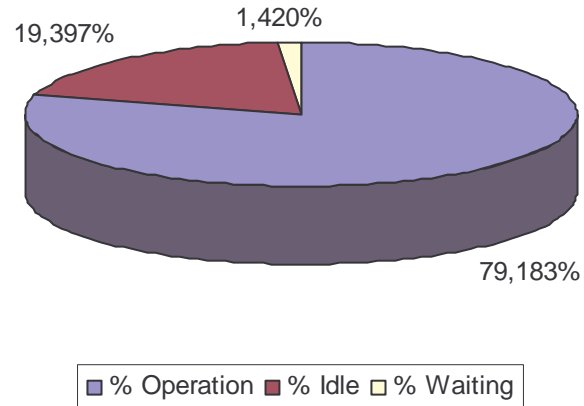
REDUCCION DEL 80% DE INVENTARIO DE PRODUCTO EN BLANCO			
MAQUINA	% Operation	% Idle	% Waiting
Van Dam 1553	88,73	9,45	1,82
Van Dam 1554	97,01	1,67	1,32
Van Dam 1555	89,91	8,14	1,95
PROMEDIO	91,88	6,42	1,70

REDUCCION DEL 90% DE INVENTARIO DE PRODUCTO EN BLANCO



REDUCCION DEL 90% DE INVENTARIO DE PRODUCTO EN BLANCO			
MAQUINA	% Operation	% Idle	% Waiting
Van Dam 1553	81,12	17,20	1,68
Van Dam 1554	96,87	1,82	1,32
Van Dam 1555	79,00	19,29	1,71
PROMEDIO	85,66	12,77	1,57

**CERO INVENTARIOS EN BODEGA DE PRODUCTO EN BLANCO**



CERO INVENTARIOS EN BODEGA DE PRODUCTO EN BLANCO			
MAQUINA	% Operation	% Idle	% Waiting
Van Dam 1553	73,93	24,57	1,50
Van Dam 1554	93,99	4,77	1,24
Van Dam 1555	69,63	28,85	1,52
PROMEDIO	79,18	19,40	1,42



## ANEXO 12

### Nivel De Producción De Las Impresoras Reduciendo El Inventario De La Bodega De Producto En Blanco

CERO INVENTARIOS			
MAQUINA	# CAJAS	TIEMPO DE CICLO PROMEDIO (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (CAJAS)
Van Dam 1553	1709,75	4,08	0,87
Van Dam 1554	1413,62	6,32	1
Van Dam 1555	999,75	6,49	0,87
<b>TOTAL</b>	<b>4123,12</b>	<b>5,63</b>	

REDUCCION 30%			
MAQUINA	# CAJAS	TIEMPO DE CICLO PROM. (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (CAJAS)
Van Dam 1553	2276,88	3,87	1
Van Dam 1554	1506,12	6,04	1
Van Dam 1555	1355,75	6,61	1
<b>TOTAL</b>	<b>5138,75</b>	<b>5,51</b>	

REDUCCION 40%			
MAQUINA	# CAJAS	TIEMPO DE CICLO PROM. (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (CAJAS)
Van Dam 1553	2244,88	4	1
Van Dam 1554	1492,75	6,16	1
Van Dam 1555	1391,38	6,43	1
<b>TOTAL</b>	<b>5129,01</b>	<b>5,53</b>	

REDUCCION 50%			
MAQUINA	# CAJAS	TIEMPO DE CICLO PROM. (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (CAJAS)
Van Dam 1553	2256,38	3,99	1
Van Dam 1554	1519,25	6,04	1
Van Dam 1555	1370,88	6,54	1
<b>TOTAL</b>	<b>5146,51</b>	<b>5,52</b>	

REDUCCION 60%			
MAQUINA	# CAJAS	TIEMPO DE CICLO PROM. (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (CAJAS)
Van Dam 1553	2134,38	4,16	0,87
Van Dam 1554	1520,75	6,03	1
Van Dam 1555	1375,12	6,45	1
<b>TOTAL</b>	<b>5030,25</b>	<b>5,55</b>	

REDUCCION 80%			
MAQUINA	# CAJAS	TIEMPO DE CICLO PROM. (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (CAJAS)
Van Dam 1553	2078,5	4,07	1
Van Dam 1554	1510,25	6,09	1
Van Dam 1555	1278,12	6,61	1
<b>TOTAL</b>	<b>4866,87</b>	<b>5,59</b>	

REDUCCION 90%			
MAQUINA	# CAJAS	TIEMPO DE CICLO PROM. (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (CAJAS)
Van Dam 1553	1914,88	4,03	1
Van Dam 1554	1502,38	6,11	1
Van Dam 1555	1122,75	6,57	0,87
<b>TOTAL</b>	<b>4540,01</b>	<b>5,57</b>	

INVENTARIO ACTUAL DE PRODUCTO EN BLANCO			
MAQUINA	# CAJAS	TIEMPO DE CICLO PROM. (MIN)	CONTENIDO ACTUAL (CAJAS)
Van Dam 1553	2295,38	3,9	0,87
Van Dam 1554	1547,5	5,93	1
Van Dam 1555	1367,25	6,54	0,87
<b>TOTAL</b>	<b>5210,13</b>	<b>5,46</b>	